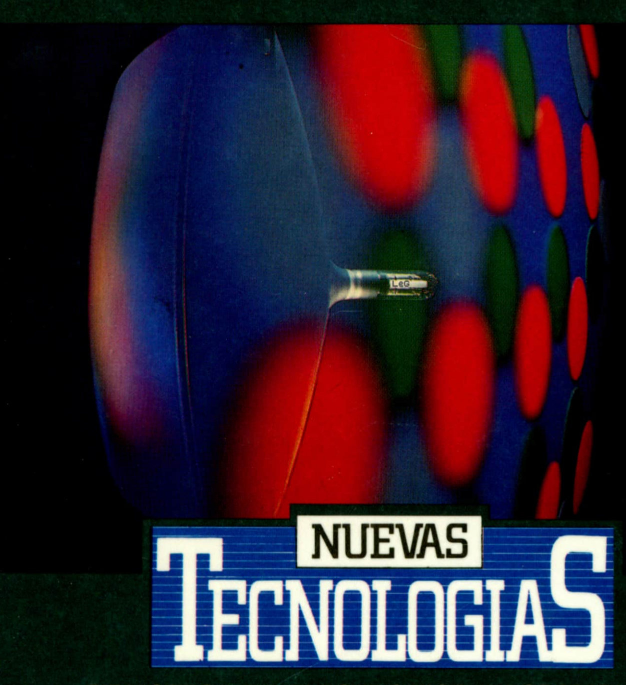
EL RECEPTOR DE TV



NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA



marcombo


NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

EL RECEPTOR DE TV



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-644-1 (Vol. 25)
D. L.: B. 20007-1986

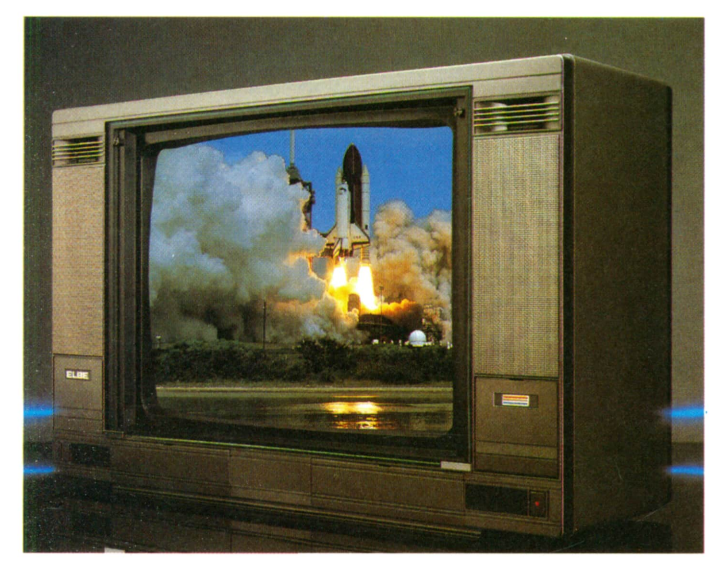
Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa Provenza, 388 08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts 1986

Printed in Spain

El receptor de TV

INTRODUCCION

No existe la menor duda de que la Electrónica es una de las ciencias en la que colaboran aisladamente investigadores de las más diversas nacionalidades, aunando sus esfuerzos en pos de lograr constantes mejoras. Puede afirmarse que en la totalidad de mejoras alcanzadas han intervenido eminentes físicos, aportando innovaciones que han culminando en los más espectaculares resultados. Tenemos un ejemplo de ello en el tubo de rayos catódicos, fruto de los experimentos de franceses, ingleses, rusos, norteamericanos y un largo etcétera.



Los modernos televisores están incorporando una gran variedad de innovaciones tecnológicas. Este modelo de Elbe posee cuatro altavoces, dos para los tonos agudos y dos para los graves, con salida de 6 W eficaces por canal. Incluye sintonía electrónica de 16 programas, que pueden ser gobernados por un mando a distancia.

Por ello, atribuir el invento de la televisión a Baird (inglés), Sarnoff (norteamericano), Marconi (italiano), sería incurrir en error ya que cada uno de ellos actuó con eficacia en su

desenvolvimiento partiendo de los experimentos o las teorías que otros habían expuesto, sin alcanzar a comprender su trascendencia en ocasiones, como le sucedió a Edison que descubrió la unidireccionalidad de la corriente electrónica sin hallarle aplicación.

Tal vez han sido hasta ahora los laboratorios alemanes o estadounidenses los que nos han sorprendido con mayor número de novedades en esta materia, fruto de sus constantes investigaciones, pero a ello se han unido las firmas japoneses (Toshiba, Sanyo, Sony) que nos sorprenden a diario con la exposición de sus trabajos. En la actualidad han desarrollado un nuevo sistema que, por sus características de calidad y cromatismo, está llamado a revolucionar el mundo de la imagen y que muy bien puede ser calificado como la *televisión de alta definición.*

Se basa en la adopción de 1.125 líneas, en lugar de las 625 tradicionales, y en el empleo de pantallas de 40 pulgadas y curvatura de 40 grados. Para lograr una gran calidad en las imágenes se ha desechado la transmisión por bandas de VHF y UHF, adoptándose la *transmisión por vía satélite* de recepción directa o bien la *transmisión por cable* mediante el empleo de *fibras ópticas,* que eliminan la posibilidad de ruidos e interferencias en las señales.

CIRCUITOS COMUNES A TV B/N Y COLOR

Hemos procedido al estudio de las diversas alternativas que experimenta una escena desde su exploración por el tubo de cámara hasta que su equivalencia en impulsos eléctricos se entrega a la antena para su lanzamiento al espacio, de modo que sea posible su captación por los millones de televisores que sintonizan la emisora. La imagen ha quedado convertida en ondas moduladas y le han sido agregadas las señales para su adecuada sincronización. Corresponde ahora proceder al estudio de los cambios que tales señales experimentan a su paso por los circuitos de un receptor y conocer la función de éstos, hasta llegar a la reconversión en un fiel reflejo de la escena original.

Amplificación directa

Amoldándose de manera rigurosa a la técnica imperante

en audio, también en ciertos televisores acromáticos se utilizó la modalidad de amplificación directa a base de circuitos de tipo regenerativo, neutrodino y otros similares, fundamentados en los principios de aplicar la señal, proporcionada por la antena a las etapas de entrada del televisor, para proceder a su amplificación inmediata.

Esta modalidad es muy poco empleada actualmente, debido a su falta de sensibilidad y se hace mención de ella porque, en algunos casos, el sistema de realimentación se mantiene vigente en muchos televisores. Consiste en que una parte de la energía de un circuito de salida se lleve a la entrada en fase adecuada, con el objetivo de conseguir cierto grado de realimentación que, en muchas ocasiones, conduce a mejorar de manera muy notable la señal recibida.

Circuito superheterodino

El método de superheterodinaje, conversión de frecuencias o *mezcla de frecuencias*, denominaciones que podemos



La alta fidelidad en los equipos reproductores de video es también una creciente exigencia en TV, y la pantalla debe representar fielmente las imágenes. El monitor de la fotografía es capaz de efectuar las dos funciones en un solo equipo. (Cortesía: Blaupunkt).

considerar como sinónimas y que se aplican indistintamente a esta forma de procesar las señales, se caracteriza por la transformación de la banda de frecuencias recibida en otra que se halla comprendida entre dos valores estabilizados. De esta manera, cualquiera que sea el valor de la frecuencia que se reciba se obtiene, a la salida de la mezcla, la misma banda de frecuencias para amplificar.

En la figura 3 queda representada en bloques la estructura de las etapas de un superheterodino de audio del tipo adoptado en la actualidad, siendo apreciable la unión directa del captador de ondas (antena) a la etapa conversora de frecuencias, en la que se realiza el indicado superheterodinaje de las señales antes de su transferencia a las etapas amplificadoras posteriores y, en primer término, a la de *frecuencia intermedia.*

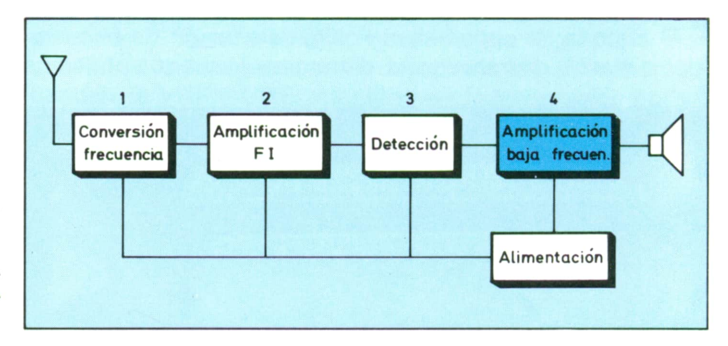


Figura 3. Etapas de un circuito superheterodino. Como es fácil de suponer, algunas de las etapas pueden estar formadas por varios circuitos.

Cabe optar por dos sistemas para realizar esta mezcla de frecuencias. En uno de ellos (el primitivo) se hace uso de una válvula o de un transistor, siempre actuando en concepto de elemento activo, para la producción de oscilaciones locales. Esta unidad se conoce bajo el nombre de oscilador. Las oscilaciones producidas se transfieren a otra unidad, designada como mezcladora, que es la que ha recibido las señales que han sido captadas por la antena.

En la actualidad, en aras a simplificar los circuitos y a disminuir las dimensiones del conjunto, se ha optado por el segundo sistema, en el que se hace uso de un solo elemento que realiza ambas funciones, bien sea por medio de la adopción de una válvula de doble cometido (pentagrilla) o a

base de un transistor que, relacionado con un circuito apropiado, lo pone en actividad para que genere la oscilación local. En cualquiera de los dos casos esta etapa de entrada es conocida bajo el nombre de *etapa de sintonía* (figura 4*a*).

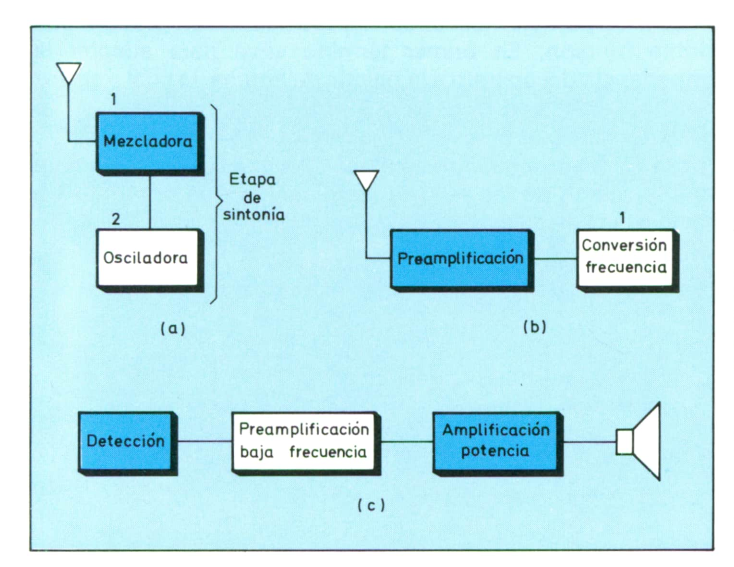


Figura 4. a) Circuitos que corresponden a la etapa de entrada o de sintonía de un televisor; b) Etapas que están incluídas en un módulo sintonizador de un televisor. La etapa de conversión de frecuencias está conformada por los circuitos oscilador-mezclador; c) Secciones de la parte de baja frecuencia del canal de sonido.

Preamplificación de alta y de baja frecuencia

En algunos aparatos de radio de cierta calidad se había adoptado el sistema de anteponer a esta sección de sintonía una etapa de preamplificación (figura 4*b*), sin que con ello se alterase el principio de mezcla de las frecuencias. Esta modalidad no llegó a conseguir una amplia difusión al motivar un aumento bastante notable en el coste, que no llegaba a ser compensado por las mejoras alcanzadas. Se menciona debido a que tal sistema se emplea de manera concreta en televisión, con la finalidad de prevenir que se produzca el ruido de fondo que, de otra manera, se patentiza en forma ostensible.

Otro circuito usual en los aparatos para radiodifusión, consiste en el amplificador de baja frecuencia que precede a la amplificación final o de salida (figura 4*c*). Al tratarse de un televisor, se encuentra también esta etapa en el canal de

audio cuando se quiere lograr un realce en la potencia de sonido (Figura 5).

Preamplificación en el televisor

La incorporación del circuito preamplificador cumple una doble función. En primer término sirve para adaptar la impedancia del aparato a la bajada de antena, la cual a su vez debe estarlo con la del dipolo que forma la antena. Con ello se consigue que el nivel de ruidos quede extremadamente limitado. Su otra función estriba en llevar a cabo una primera amplificación de las señales recibidas, lo que contribuye a mejorar la selección realizada por la antena.

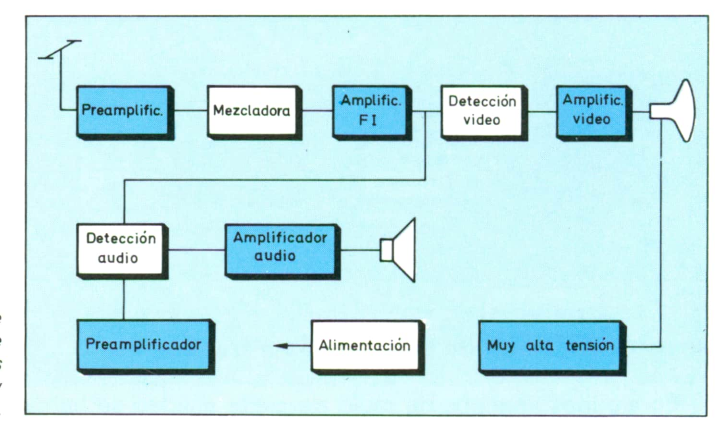


Figura 5. Diagrama de bloques de un receptor de televisión, abarcando los dos canales, el de video y el de sonido.

Es necesario resaltar que la supresión de ruidos y, en especial, el descenso de la relación entre el ruido y la señal recibida, debe considerarse vital en la técnica de video. A los ruidos que tienen entrada por la antena y la bajada, bien sean de carácter atmosférico o de origen industrial, se agregan luego los originados por los elementos activos (válvulas o transistores) a causa del movimiento de los electrones al dirigirse al ánodo (o colector en los transistores), este tipo de ruido se conoce con el nombre de *ruido de distribución* o al pasar por las diversas rejillas *ruido de inducción*, ambos se hacen patentes desde las más bajas a las más elevadas frecuencias.

La relación entre señal y ruido influye de manera decisiva en la calidad de la imagen, dado que en el televisor un porcentaje demasiado elevado de ruido de fondo se pone de manifiesto por una especie de hormigueo de pequeñas manchas de menor tamaño que las que se conocen bajo el nombre de *nieve*, las cuales menoscaban la calidad de la imagen.



Televisor en color modelo K40 de Philips. Incluye 12 presintonías, está preparado para video, entrega 10 W eficaces de sonido con dos altavoces, y posee también la conexión para auriculares y salida para grabación.

Al ser mayor el ruido de fondo estas manchas móviles llegan a alcanzar mayores dimensiones, en cuyo caso la pantalla aparece como si se produjese una nevada que puede llegar a ser bastante copiosa, denominándose *modulación positiva* cuando tales perturbaciones son blancas o *modulación negativa* al ser negras. Por otra parte el sonido sufre una alteración bajo la forma de un zumbido persistente. Estos detalles ponen de manifiesto la absoluta necesidad de la preamplificación anterior o la mezcla de frecuencias, constituyendo la unidad de entrada que, al amplificar sin introducir distorsión de la señal recibida ni motivar ruidos suplementarios, mantiene inalterable y reducida la relación entre señal y ruido, entregando los impulsos a las sucesivas etapas en óptimas condiciones para su tratamiento.

SINTONIZADORES Y SELECTORES

Constitución de los sintonizadores

La etapa de sintonía de un televisor se halla formada por la unidad sintonizadora, que de manera genérica, se conoce también como *tuner*. A este sintonizador se le denomina *selector de canales* si actúa estrictamente en *VHF* o primer canal, en tanto que se designa como *sintonizador de UHF* la unidad agregada al selector cuya misión consiste en introducir las frecuencias que trabajan en la gama de ondas de muy elevada frecuencia.

En la figura 7 se dispone una representación más detallada de las etapas de un televisor, aclarando con ello

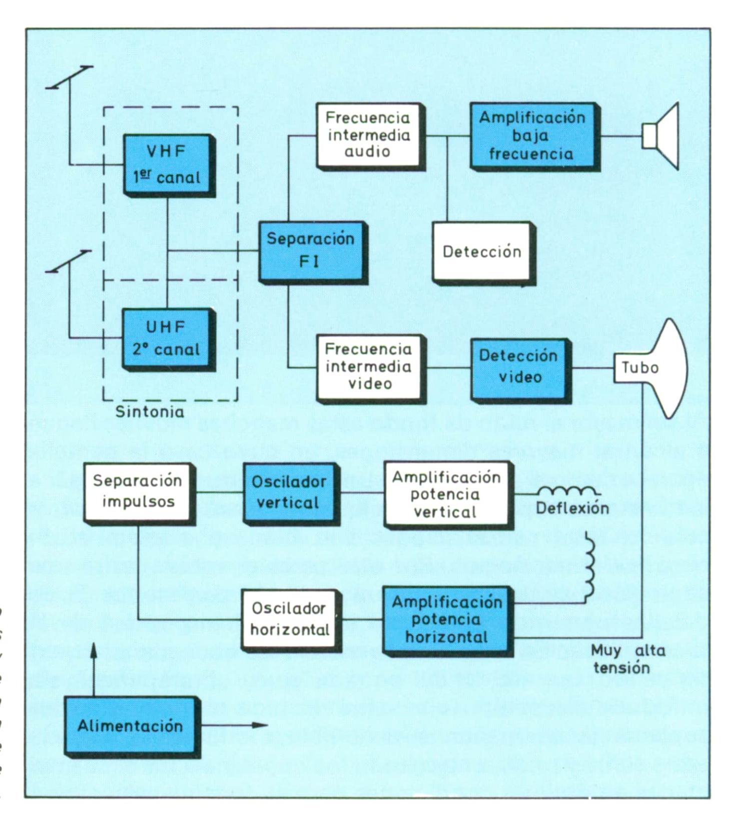


Figura 7. Detalle ampliado de los distintos circuitos de un televisor en blanco y negro. La mayor parte de las etapas son comunes a un receptor de televisión en color, que incluye además la etapa de croma.

que en la unidad selectora se realiza el triple cometido de una amplificación previa de alta frecuencia, la generación local de oscilaciones, así como la mezcla de estas señales con las entregadas por la antena.



La construcción de televisores portátiles, como el modelo Linytron Plus de Elbe-Sharp, permite llevar los receptores a cualquier lugar. Los circuitos electrónicos son de reducido consumo, y la sintonía se efectúa de modo totalmente electrónica.

Actuación de los sintonizadores

El sintonizador habitual en televisión admite cierta comparación con la unidad de sintonía empleada en algunas realizaciones de aparatos de radio, pero existen factores que exigen un diseño más elaborado como son:

— La amplitud del canal de televisión, que requiere la aceptación y amplificación de una extensa gama de frecuencias.
— La necesidad de circuitos especiales de acoplo, con objeto de que se mantenga una ganancia uniforme en los extremos de las bandas.
— Tipos compensados de circuitos de entrada, de impedancia adecuada a la característica de la línea de enlace con la antena.

— Rechazo de respuestas no deseables motivadas por transmisiones radiales que se hallen fuera de la banda deseada.
— Supresión de posibles radiaciones, de oscilaciones locales por la antena a fin de eliminar toda posibilidad de interferencias en los televisores cercanos.



Dos modelos de sintonizadores para televisión, fabricados por las firmas Fagor y AMT.

Características del selector de VHF

La necesidad de conseguir la más absoluta precisión en todo cuanto afecta a la estabilidad de la frecuencia de la oscilación local, hace que se hayan descartado totalmente las realizaciones artesanales, haciéndose uso estricto de montajes industriales, muy accesibles en las tiendas del ramo. Hasta hace pocos años estas unidades estaban equipadas con válvulas, pero en la actualidad se realizan en su totalidad a base de transistores, generalmente en coordinación con circuitos integrados.

Para el paso de una a otra banda es corriente la adopción de teclados a pulsadores o a botones, que ponen en sintonía el circuito preajustado de la emisora que se quiera recibir.

Actuación del selector VHF

El circuito de entrada de uno de los selectores de VHF de mayor vigencia en la actualidad, está constituido por tres transistores por medio de los cuales se cumplimentan los cometidos ya mencionados (preamplificador de AF, oscilador y mezclador) los cuales en relación directa con diversos elementos pasivos, permiten disponer de una salida apropiada que corresponde a la frecuencia intermedia que se haya adoptado. En la figura 10 aparece el esquema de este selector.

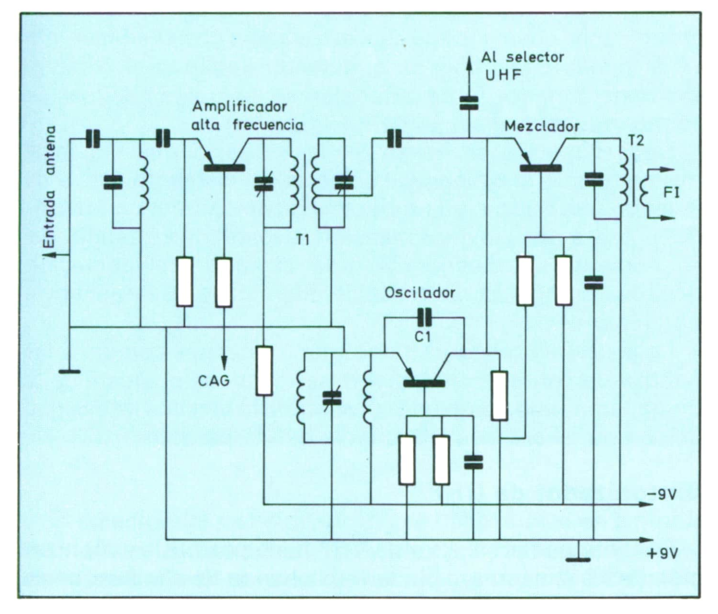


Figura 10. Esquema de un sintonizador para VHF. Lo forman tres transistores, uno para amplificar el nivel de la señal de entrada, y los otros dos, uno como oscilador, y otro como mezclador para dar una señal de FI a la salida.

Se halla sintonizado de manera estable en el valor medio de la banda que se pretende recibir y su selectividad es adecuada para que no se origine atenuación en los valores extremos. Su cometido esencial consiste en lograr una óptima adaptación entre la impedancia de antena y la del transistor que amplifica en alta frecuencia, permitiendo eliminar cualquier perturbación que atente contra la buena reproducción de la imagen.

Por otra parte, además de suprimir las radiaciones que pudiesen perjudicar a los televisores cercanos, esta etapa facilita una perfecta estabilidad al proporcionar una tensión de alta frecuencia bastante elevada.

El circuito entre el colector del transistor que equipa la etapa de AF y el emisor del transistor de la etapa de mezcla está acoplado inductivamente, sintonizado a un valor algo más elevado que el de acoplamiento crítico, por medio de la conexión que relaciona la base de este mezclador con la etapa detectora se dispone del control automático de ganancia (CAG), necesario para conseguir la nivelación del rendimiento de las emisoras.

La antena se halla acoplada a esta unidad a través de una inductancia, cuya entrada está en relación con el emisor, y la señal queda disponible en el colector llegando al primario del transformador T_1 para transferirse, como es habitual, en forma inductiva al secundario (figura 10).

Estos impulsos se hallan en fase puesto que llegan al mismo tiempo al emisor y al colector del elemento activo de la etapa mezcladora y la reducida capacidad del condensador C_1 hace posible que la tensión se mantenga estabilizada. Al aumentar la frecuencia, una elevada realimentación negativa compensa las posibles diferencias en la ganancia obtenida.

La sección osciladora tiene una actuación común a las bandas de sonido y de imagen; se mantiene el ajuste de la unidad tomando como base niveladora la máxima intensidad de sonido, al ser más reducida la banda pasante.

Sintonizador de UHF

En tanto que el selector de VHF hace posible la sintonización de las emisoras incluidas en la banda de alta frecuencia de video, el de UHF se ha previsto para la captación de las comprendidas en la gama de frecuencias ultraelevadas y es más corriente se le designe como sintonizador. Cuanto más elevada sea la frecuencia de trabajo de las emisoras que se trate de sintonizar, más reducido será el valor de cada uno de los componentes adoptados, lo que se patentiza tanto en el reducido número de espiras de los bobinados como en la más baja valoración de resistencias y condensadores lo que, al disminuir su tamaño, conduce también a una reducción del tamaño de esta unidad.

Un módulo tuner de UHF equipado con dos transistores proporciona una gran sensibilidad y estabilidad. Al recibir la tensión alimentadora por la actuación de la unidad de VHF, la entrada de antena queda acoplada con la bobina L_1, derivada por el condensador C_1, transfiriéndose la tensión obtenida al emisor del transistor Tr_1 (figura 11), conectado en base común.

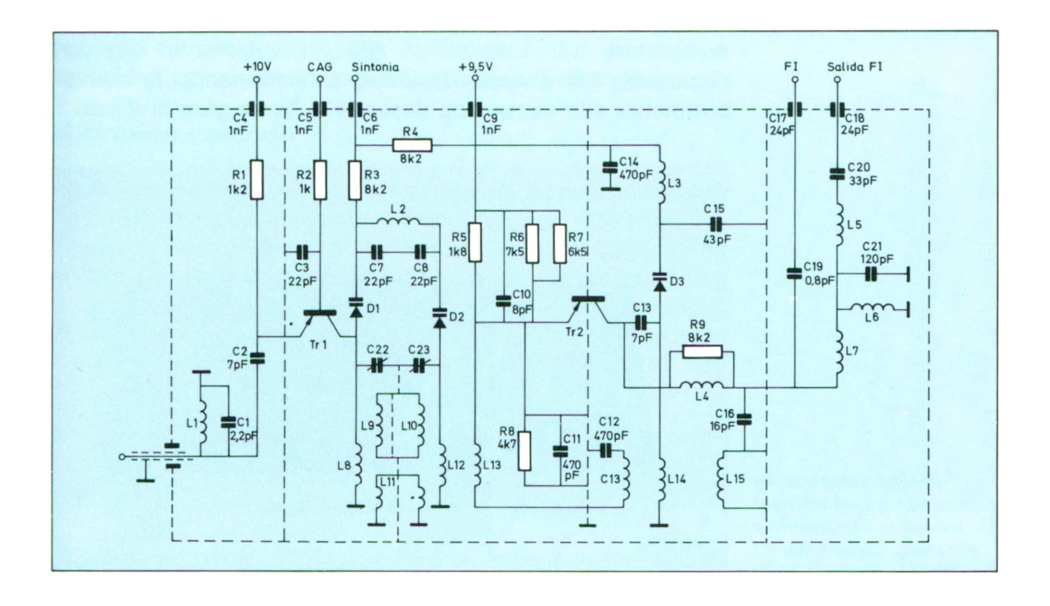


Figura 11. Tuner o sintonizador de UHF que, mediante dos etapas a base de transistores, permite lograr una excelente estabilidad en la recepción de la señal de la antena, y entregar un adecuado nivel de FI.

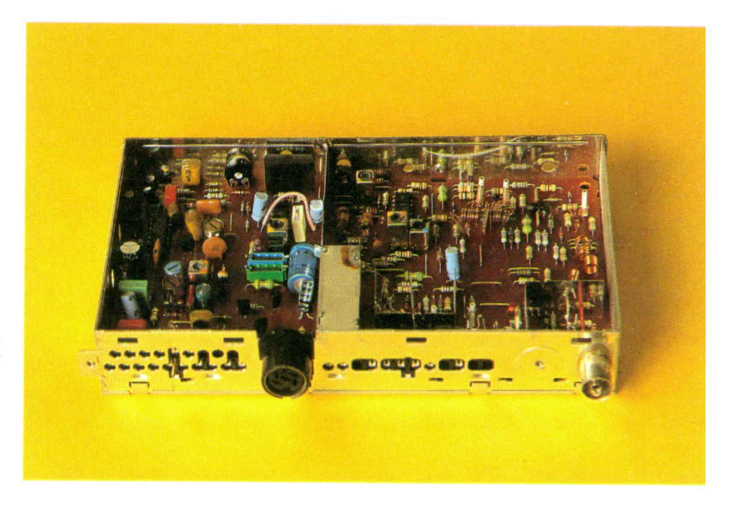
El colector del mencionado Tr_1 se halla puesto en sintonía con la línea de entrada en $\lambda/4$ y, de igual manera que el Tr_2, es aconsejable el empleo de tipos de germanio. El primero recibe la modulación externa y Tr_2 reune esta frecuencia en su emisor, efectuando su mezcla con la oscilación local entregando la frecuencia intermedia resultante de tal heterodinaje, por mediación de su colector, a la etapa amplificadora de FI por medio de la célula constituida por el bobinado L_4, en conjunción con C_{16}.

Evolución de los sintonizadores

Durante bastante tiempo los circuitos de sintonía se han

venido realizando a base de conmutadores de tipo rotativo, que ponían en actuación los terminales o contactos correspondientes a cada canal, siendo muy variadas las realizaciones comerciales existentes. Mencionaremos el sintonizador a torre o tambor que se caracteriza por la anexión de un condensador de reducida capacidad, el cual cumplimenta el cometido de corregir los pequeños desajustes que pudiesen suscitarse, llevando a cabo la llamada *sintonía fina.*

El sintonizador a disco, versión modernizada del tipo precedente, hace uso de un disco rotativo en el que van dispuestas las diversas bobinas, seleccionando la correspondiente a la frecuencia deseada al hacer girar el disco.



Bloque compacto de sintonía para un televisor moderno, con mando a distancia. Comprende un sintonizador UHF/VHF, módulo de FI y CAG. (Cortesía: Grundig).

El sintonizador a llave mantiene notables semejanzas con la modalidad de disco presentando además la ventaja de una mayor simplificación en el aspecto mecánico, que se contrarresta con el inconveniente de originar dificultades casi insuperables en las reparaciones. Estos sistemas deben ser tenidos en cuenta, puesto que todavía se encuentran en determinados montajes.

Sintonizadores a sintonía continua

Son los más utilizados en la actualidad y pueden ser de

dos clases: por variación de inductancia y por cambio en su valor capacitivo. Los primeros emplean el sistema de desplazamiento de los núcleos dispuestos en el interior de las bobinas, los cuales corresponden a cada una de las bandas previstas, de tal manera que al variar de forma notable el campo electromagnético, se cambia el valor de la frecuencia disponible.

En el sistema de *variación de la capacidad* se consigue la sintonía a base de varios condensadores en paralelo con bobinas formando circuitos resonantes. La sintonía a capacidad se caracteriza por una ganancia reducida.

El circuito cascodo

Uno de los circuitos más utilizados en los sintonizadores de VHF de tipo corriente es el llamado *cascodo*, que se realiza a base de dos unidades termoiónicas del tipo tríodo o dos transistores conectados en serie. La figura 13*a* representa su conexionado en relación con una bobina de radiofrecuencia, habiéndose reemplazado ambas unidades en otra moderna disposición por otros tantos transistores (figura 13*b*) con

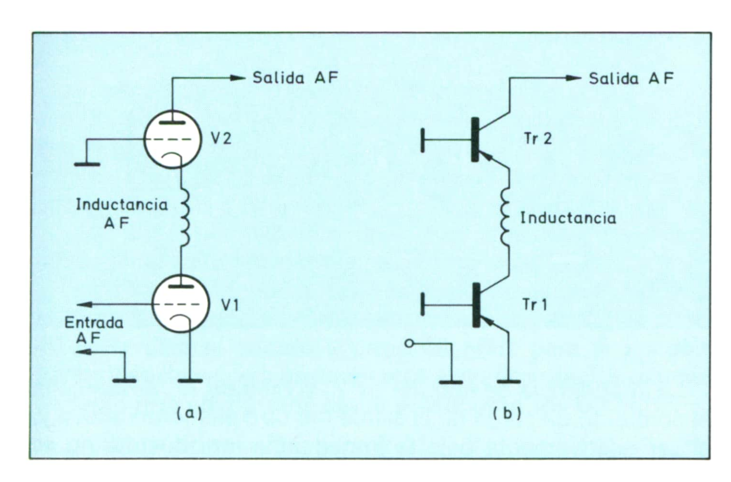


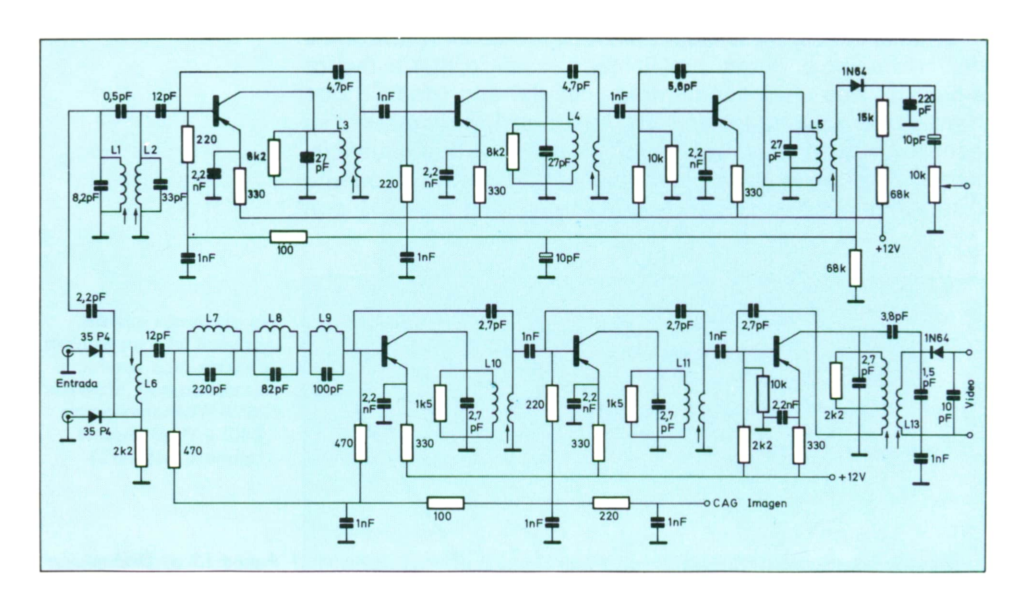
Figura 13. a) Disposición de dos válvulas en cascada, formando un circuito tipo cascodo; b) Circuito cascodo realizado mediante dos transistores.

una carga de análogas características dispuesta entre el colector de Tr_2 y el emisor de Tr_1, siendo aconsejable comparar ambas figuras para apreciar la equivalencia que

mantienen los electrodos de una válvula con los de un transistor.

La señal tiene entrada en la válvula V_1 o en su equivalente el transistor Tr_1. El electrodo de emisión está derivado a masa, pasando la señal entre rejilla y cátodo, en tanto que en el transistor el que trabaja en calidad de rejilla es el de base.

La unidad activa, bien se trate de V_2 o de Tr_2, tiene una actuación concreta en calidad de amplificador inversor debido a que la señal entra de igual forma que en la precedente etapa, con la rejilla conectada a masa y el electrodo emisor en relación con el ánodo a través de la bobina actuando en calidad de amplificador con la rejilla derivada a masa.



Circuito amplificador dentro de una etapa de frecuencia intermedia, formado por la asociación de seis transistores. Se observan los acoplamientos entre etapas a base de transformadores.

La impedancia de entrada de V_2 o bien de Tr_2 desempeña el cometido de carga de la salida del otro elemento activo y, al ser relativamente baja la impedancia introducida, no se obtiene amplificación, quedando este aumento a cargo de V_2, dada la inhabilitación para tal cometido de V_1, de este modo, al ser reducida la impedancia de carga del primer elemento, quedan casi resueltos los problemas de oscilación a causa de realimentación de esta etapa.

La inductancia incluida entre la placa de una válvula y el cátodo de la otra unidad desempeña un importante cometido ya que, junto con la capacidad de entrada de V_2, constituye un circuito resonante en serie.

En cualquier caso, estos circuitos quedan incluidos en unidades más complejas.

Circuito neutrodo

Recientemente se han realizado sintonizadores a partir del antiguo sistema de neutralizar la unidad activa, bien se trate de válvula o de transistor, disponiendo entre su ánodo y la rejilla una capacidad, lo que motiva su *neutralización*.

Esta modalidad, se caracteriza por un funcionamiento de la mayor seguridad, tanto en lo que afecta a su ganancia más elevada como a una mejor relación señal/ruido, siendo menos susceptible a las sobrecargas a causa de su positiva acción del control automático de ganancia, y menos sensible a los ruidos que pueden llegar hasta esta etapa, gracias al empleo de un depurado circuito de filtraje.

AMPLIFICACION DE FRECUENCIA INTERMEDIA

La diferencia esencial que existe entre cualquier circuito a amplificación directa y el superheterodino consiste en dos etapas características: la conversora, que ya conocemos, y la amplificadora de frecuencia intermedia. Esta etapa trabaja a partir de la señal que le proporciona la precedente, siendo en este circuito amplificador donde se consigue el mayor incremento de la señal de la mezcla obtenida.

La etapa amplificadora de FI es cada vez más simplificada. El valor de la frecuencia en que trabaja puede llegar hasta 40 MHz para el sonido y unos 46 MHz para la imagen, tratándose de valores bastante más elevados que los usuales en radio que en algunos casos sobrepasan los 600 kHz.

Ganancia de la amplificación de frecuencia intermedia

Se ha previsto que las etapas amplificadoras de frecuencia intermedia proporcionen más de la mitad de la ganancia total

requerida por el televisor y para conseguirlo es necesario vencer muchas dificultades. En primer término, la banda de frecuencias que se trata de amplificar es muy amplia y la ganancia es siempre inversamente proporcional a la amplitud, determinándose con ello que para conseguir un aumento suficiente por etapa se requiere un tratamiento adecuado.

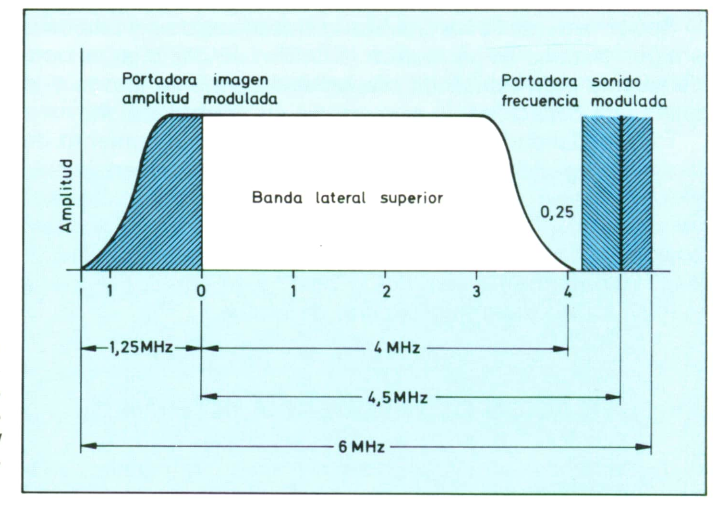


Figura 15. Gráfico correspondiente a la norma asignada a un canal de 6 MHz. Nótese que la portadora del sonido queda fuera de la banda de video.

La existencia de dos frecuencias intermedias netamente diferenciadas, correspondiendo una de ellas al sonido y la otra a la imagen, motiva el aumento de etapas, cada una de ellas sintonizada a la frecuencia prevista para el correspondiente ancho de banda. Se hará referencia a las soluciones más usuales entre las existentes.

Amplificación con cuatro etapas de video y tres de audio

De ellas una es común a la imagen y al sonido, seguida por tres etapas para la imagen y dos para el sonido, la primera y cuarta etapas de video están equipadas a base de circuitos con sobrecarga, con una ganancia que puede cifrarse en el orden de 17 dB y las etapas intermedias cuentan con

circuitos sintonizados que proporcionan una ganancia de 13 dB, con muy notable estabilidad.

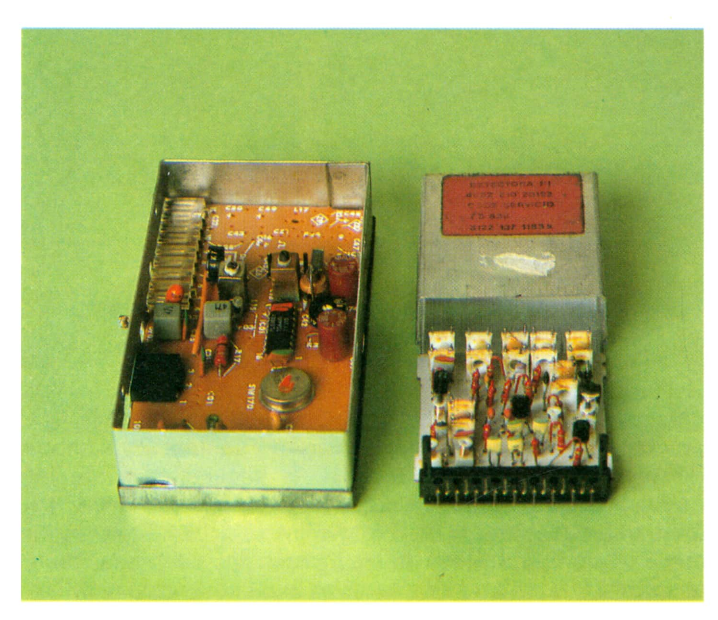
Puede suponerse que si cada etapa proporciona un aumento similar será posible aumentar indefinidamente las etapas, pero en la práctica se ha apreciado que no cabe tal solución, ya que el circuito puede quedar saturado y no existir mayor aumento.

Amplificación a tres etapas de video y tres de audio

Esta modalidad emplea una etapa común para imagen y sonido, seguida por tres etapas para video y otras tantas para la parte de audio. La de entrada y la tercera de imagen experimentan un notable sobreacoplo, lo que hace posible la obtención de una buena ganancia.

Valores usuales en frecuencia intermedia

Los televisores primitivos se realizaron adoptando valores



Módulos de frecuencia intermedia para televisión. El de la izquierda corresponde a un televisor Elbe y el de la derecha al modelo Philips K-11.

que en algún caso llegaban a sobrepasar los 20 MHz, pero al apreciarse que se originaban numerosas interferencias, se adaptaron frecuencias mucho más elevadas que generalmente se emplean en la actualidad.

La figura 15 representa la norma asignada a cada canal, consistente en una amplitud de 6 MHz y dentro de este margen la portadora de sonido se halla 4,5 MHz por debajo de la portadora de imagen, quedando esta portadora de video a 1,25 MHz por encima del límite superior del canal en el que se halla en sintonía.

Al ser la totalidad de canales de 6 MHz, hallándose la portadora de imagen a 1,25 MHz del límite inferior y la de sonido a 4,5 MHz de aquella, queda un margen de 0,25 MHz entre la portadora de audio y el extremo superior del canal.

La frecuencia generada por el oscilador local es siempre de un valor más elevado que el de las dos portadoras.

Canales VHF (alta frecuencia de video)		
Sonido (Audio)	*Imagen (Video)*	*Oscilador local*
53,75	48,25	87,15
60,75	55,25	94,15
67,75	62,25	101,15
180,75	175,25	221,15
222,75	217,25	228,15
Canales UHF (frecuencia ultra elevada)		
492,75	487,25	526,15
500,75	495,25	534,15
508,75	503,25	542,15

Tabla resumen de las frecuencias típicas para los canales de audio y video, utilizadas en televisión. Cifras expresadas en MHz.

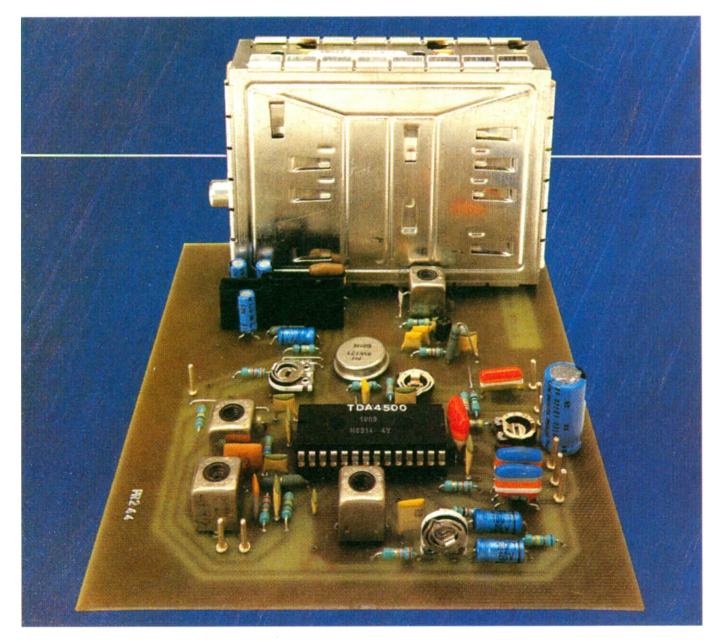
Frecuencia de los canales de televisión en España

Para las emisoras de televisión existentes en España o que pudiesen establecerse en el futuro, se han determinado convenios internacionales que concretan las frecuencias de irradiación correspondientes a imagen y sonido. En la banda de VHF, o sea el primer canal, la separación entre las frecuencias asignadas se establece en 7 MHz y la diferencia entre video y audio es de 5,5 MHz. A título de información mencionaremos algunas de las frecuencias adoptadas en la actualidad.

En previsión de las modificaciones técnicas que pudiesen surgir, para VHF se han reservado dos bandas, una de ellas abarca desde 53,75 a 67,75 MHz para sonido y de 48,25 a 62,25 MHz para imagen y otra, de 180,75 a 222,75 MHz en sonido y de 175,25 a 217,25 MHz para imagen.

La primera se destina a tres canales, con 7 MHz de separación entre ellos, y la segunda a siete canales con la misma separación.

Para la transmisión en UHF se reservaron las frecuencias a partir de 471,25 a 855,25 MHz en imagen y de 476,75 a 860,75 MHz en sonido, distribuidas en 45 canales, manteniendo la separación de 8 MHz entre cada uno de ellos y estableciendo siempre 5,50 MHz más elevada la frecuencia para el sonido.



Circuitería básica de un televisor en blanco y negro, empleando el circuito integrado TDA 4500. La inclusión de dicho circuito, permite eliminar muchos componentes de los circuitos anejos al sintonizador. (Cortesía: Philips).

En cuanto afecta a la oscilación local, se determinaba el valor de 33,40 MHz más alto que la portadora de sonido. Con ello para una portadora de audio en VHF de 222,75 MHz la oscilación local se establecía en 256,15 MHz para la

gama de UHF, en el caso de una portadora de audio de 860,75 MHz, la oscilación local quedaba fijada en 894,75 MHz.

Interportadora

La amplificación de frecuencia intermedia puede realizarse de dos formas. El sistema tradicional consiste simplemente en que, después de la conversión de frecuencias, la señal queda separada en dos canales distintos, cada uno de ellos con valor distinto en su frecuencia. Uno de ellos corresponde al sonido, el otro a la imagen y cada grupo de señales pasa por una etapa distinta.

El sintonizador es común para ambas señales, pero a su entrada al circuito amplificador de FI siguen caminos separados. En determinados televisores, la portadora de sonido se separa después de pasar por el primer transformador de FI o, como máximo, por el segundo, con miras estrictamente económicas.

La modalidad denominada de *interportadora*, empleada en la casi totalidad de televisores, se caracteriza por emplear el mismo amplificador de FI para ambas portadoras, separándose en la etapa detectora o en el amplificador de video una vez realizado conjuntamente el proceso de amplificación. De esta forma se consigue un ahorro muy apreciable que repercute en el coste del aparato, aparte de otras ventajas técnicas.

En las realizaciones por canales separados es bastante corriente una desviación de frecuencia que puede alcanzar hasta 100 kHz, con el resultado de que se originen deformaciones que hacen indispensable la actuación del control de sintonía fina. En los televisores que emplean la modalidad de interportadora se consigue mayor estabilidad.

En este tratamiento de las señales, ambas portadoras pasan conjuntamente por las etapas comunes de amplificación de frecuencia intermedia para llegar luego a la detección de video, en donde se heterodinan en un proceso muy semejante al realizado en la etapa de sintonía.

La frecuencia resultante de esta mezcla se modula en audio y se amplifica hasta un nivel conveniente para su transferencia a la *etapa discriminadora*, que se conoce con el nombre de *detector de relación*, siendo apreciable que las señales de audio son demoduladas tres veces consecutivas.

Al separarse las señales de imagen de las de sonido para

su paso a los circuitos correspondientes, las de audio discurren sucesivamente por diversas fases limitadoras y de discriminación, para finalizar en un proceso amplificador de baja frecuencia de características enteramente clásicas y elevado ancho de banda, a fin de poder beneficiarse plenamente del buen rendimiento que caracteriza al sistema de frecuencia modulada adoptado en el tratamiento del sonido.

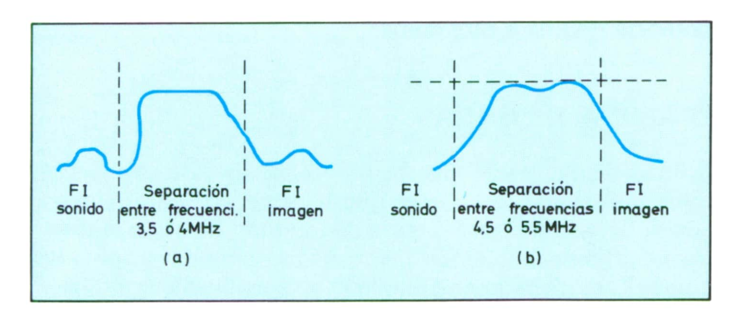


Figura 18. a) Curva correspondiente a la respuesta obtenida en FI en la modalidad de canales separados; b) Curva que permite apreciar la regularidad de la amplificación de FI a base del empleo de interportadora.

Entre ambas portadoras (sonido e imagen) existe siempre la misma diferencia invariable, que se mantiene en el batido. En la figura 18*a* se ilustra la forma de la respuesta de frecuencia intermedia en el método por canales separados y en la figura 18*b* tenemos la conseguida en el sistema por interportadora.

Acoplo simplificado interetapas

La figura 19*a* ilustra un transformador de frecuencia intermedia en su expresión más simplificada. El primario *P*

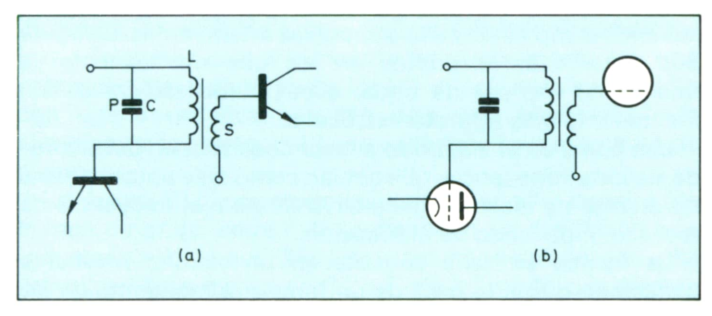


Figura 19. a) Transformador de FI con núcleo de ferrita y secundario reductor; b) Conexionado del transformador de FI relacionando la rejilla de una válvula triodo con otra de iguales características.

está conectado a la base de un transistor y los impulsos existentes se transfieren por inducción a igual electrodo de un segundo transistor.

La existencia de un núcleo de ferrita dispuesto entre ambos devanados hace más intenso el campo electromagnético generado. La figura 19*b* concierne a idéntica disposición empleando válvulas. Esta modalidad de acoplo hace posible una adecuada adaptación de impedancias, evitándose de tal manera que exista oposición al paso de potencia de una a otra etapa.

TRAMPAS DE ONDA

En la técnica televisiva reciben el nombre de *trampas de onda* las células de filtraje que se incluyen para eliminar cualquier posible interferencia de longitud de onda diferente de la deseada. Estos dispositivos, también conocidos como *filtros de banda*, se emplean para evitar la introducción de impulsos de sonido en los canales correspondientes a la imagen con el fin de atenuar la señal de una emisora muy cercana o para evitar interferencias entre emisoras.

Para eliminar el sonido de los circuitos de imagen se pueden emplear cuatro tipos de filtro: *Filtros en acoplo, filtros en emisor o cátodo, filtros en serie o cascada y filtros en paralelo o derivación.*

En la figura 20*a* se reproduce un circuito de trampa acoplado inductivamente a base de devanados de idénticas características, en tanto que en la figura 20*b* el acoplo se realiza a capacidad-inductancia. En ambos casos, estos circuitos resultan plenamente indicados para intercarlos en las etapas amplificadoras de frecuencia intermedia, con anterioridad a la detección, a fin de lograr una ampliación en la banda e impedir el paso a impulsos interferentes. La figura 20*c* determina los puntos en los que normalmente se interponen trampas de onda, cuyas características deben mantener la más rigurosa estabilidad.

Los filtros en el electrodo emisor consisten en devanados de elevada impedancia, que actúan como si se tratase de una resistencia de efecto degenerativo frente a la frecuencia de rechazo, motivando su atenuación.

La trampa en serie consiste en un circuito resonante conectado desde la base de un transistor integrante de las

últimas etapas amplificadoras de FI hasta masa. Este circuito resonante ofrece una impedancia muy baja a la frecuencia de resonancia; la deriva a masa y, al ponerla en cortocircuito, se elimina de los circuitos posteriores.

La trampa en derivación o paralelo es también un circuito resonante que, de manera contraria a la disposición en serie, ofrece una elevada impedancia a la frecuencia de resonancia, dejando paso sin atenuación alguna a las restantes.

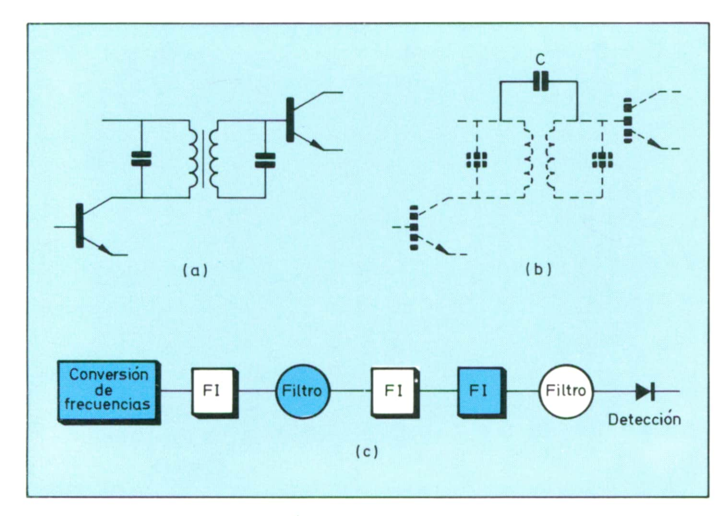


Figura 20. a) Modalidad de acoplo inductivo en relación con un devanado de características análogas; b) Acoplo de tipo similar al precedente, incorporando un condensador de acoplo entre los devanados; c) Etapa de amplificación de FI, indicando los puntos adecuados para intercalar trampas de frecuencia.

Circuitos resonantes en la práctica. Valores

Estos circuitos de resonancia se caracterizan por impedir la entrada a frecuencias determinadas, en tanto que facilitan el paso a las escogidas. La figura 21*a* corresponde a un circuito dispuesto en cascada con el de amplificación; constituye una célula en la cual el condensador se caracteriza por una capacidad que no sobrepasa los 0,1 μF, estando en paralelo con una impedancia prevista para una frecuencia más elevada que la correspondiente a las señales que se trata de eliminar.

La figura 21*b* corresponde a otro sencillo circuito de trampa de onda, en la que se disponen en derivación una inductancia de unos 25 μH y un condensador de una capacidad algo menor de 0,2 μF, de tal modo que forman

una trampa en resonancia de tipo simétrico. De la misma manera actúa el filtro representado en la figura 21*c*, que se caracteriza por el hecho de que la toma de entrada no se realiza al principio del devanado lo cual hace posible el ajuste de la derivación, acoplándola a la espira que

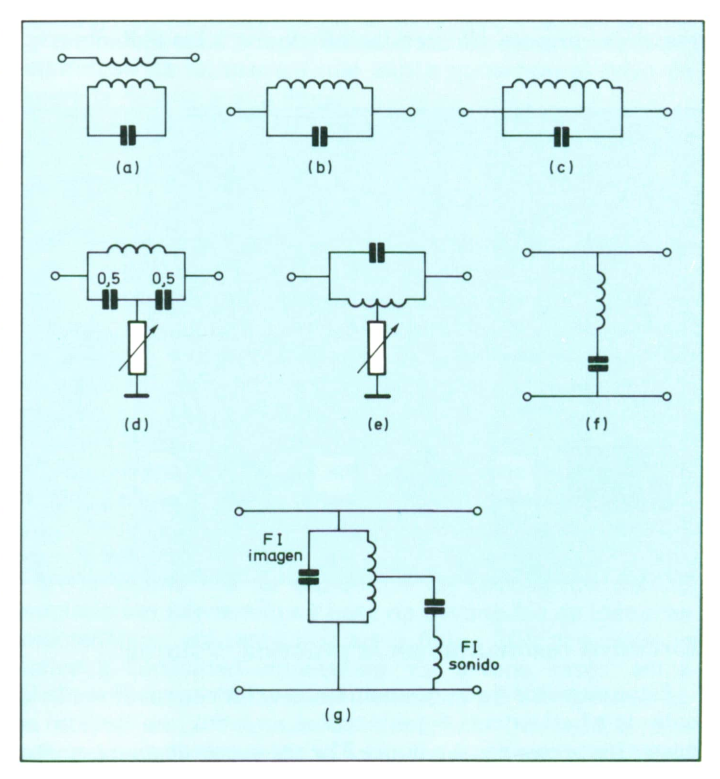
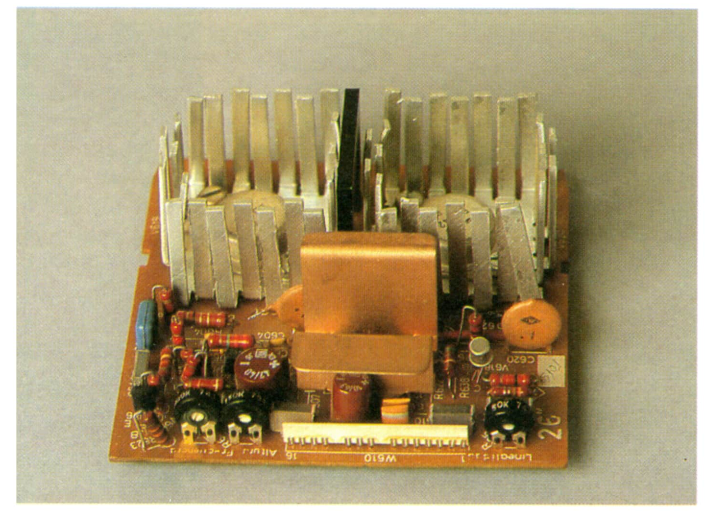


Figura 21. a) Célula integrada por una impedancia de valor bastante elevado dispuesta inductivamente con un condensador de reducida capacidad; b) Conexionado de un circuito choque integrado por inductancia y elemento capacitivo; c) Modalidad de conexionado de inductancia en la que se ha tomado la entrada en una espira de su devanado; d) Inductancia dispuesta en derivación con dos condensadores, e) Actuación niveladora realizada por medio de la conexión de resistencia variable a la espira central de una inductancia; f) Inductancia, de reducido valor, unida en serie con un condensador; g) Circuito de eliminación unido al devanado primario de la etapa amplificadora de FI de video.

proporcione el valor conveniente a la frecuencia que se trate de eliminar. De tal manera se obtiene una actuación plenamente definida con arreglo a las características de los impulsos indeseables. El valor total de la inductancia no sobrepasará los 30 μH. Debe apreciarse la posibilidad de emplear un trimer como condensador, lo que permitirá un más concienzudo ajuste.

Cuando se trata de conseguir una particular eficacia es

recomendable la adopción de un filtro de banda, constituido por una resistencia variable derivada a masa e intercalada entre dos condensadores de 0,5 μF aproximadamente, disposición que se ilustra en la figura 21*d*. Otra interesante disposición es la correspondiente a la figura 21*e*, en la que la resistencia regulable, que muy bien puede consistir en un potenciómetro de tipo miniatura, ejerce su acción a base de una toma media en la inductancia, a fin de realizar una acción niveladora.



Módulo oscilador y salida de deflexión vertical, para un chasis de televisor correspondiente a un receptor de la firma Grundig.

En el caso de tratar de introducir una reducida impedancia cabe recurrir a los filtros en serie, teniendo en la figura 21*f* una célula de rechazo que la elimina por medio de la absorción de la señal indeseable, con la que se halla en sintonía, y en la figura 21*g* se ilustra una modalidad consistente en que el circuito supresor se ha conectado a una espira de ajuste de la frecuencia útil, con objeto de evitar el enfrentamiento entre primario y secundario, de modo que se obtenga cierto grado de realimentación entre los circuitos.

DETECCION DE IMAGEN

Se emplean indistintamente las denominaciones de

detección o demodulación para designar la acción inversa de imprimir o superponer la señal modulada a la portadora, determinándose que se trata de un circuito inmediatamente posterior a la amplificación de frecuencia intermedia, que cumple la finalidad de eliminar la onda portadora, aun cuando una parte de ella sea aprovechada para disponer de un control automático de la ganancia.

Este cometido puede ser realizado de varias formas, antes se llevaba a cabo a base de una válvula diodo, pero hoy se logra a base de diodos semiconductores.

En el proceso detector se pone de manifiesto la señal por medio de la supresión de una mitad de las alternativas que nos ha proporcionado la frecuencia intermedia. Desde el nivel cero se inicia un semiciclo positivo que asciende a partir de dicho nivel cero para descender, constituyendo otro semiciclo (en este caso negativo), al estar por debajo de la línea neutra. Es sabido que valores contrarios de igual valor se contrarrestan entre sí, lo que determina que, al realizarse la supresión de los semiciclos de una polaridad determinada, permanezcan enteramente válidos los de la polaridad opuesta (figura 23).

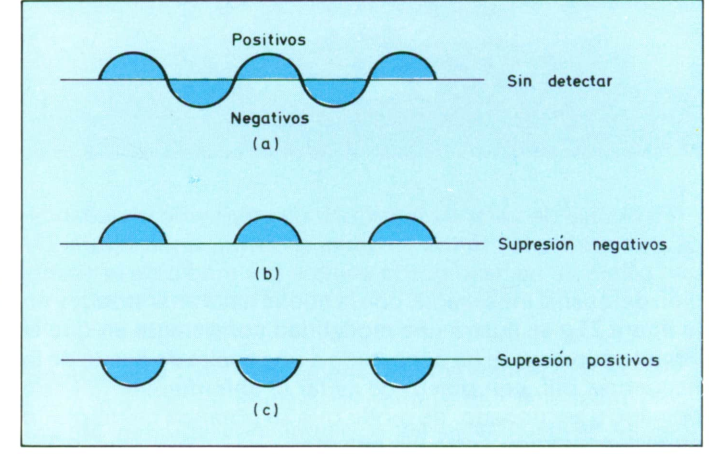


Figura 23. a) Gráfico correspondiente a los semiciclos de la corriente sin detectar; b) con supresión de los picos negativos; c) con supresión de los picos positivos.

La dificultad existente para la detección de video radica en la amplitud de la banda pasante, que requiere unas condiciones distintas de los métodos empleados.

En la figura 24*a* aparece ilustrada una de las modalidades que se emplean con mayor frecuencia en este circuito previo a la amplificación final de videofrecuencia. La base del transistor final de la etapa amplificadora de FI se halla unida al primario del último transformador de frecuencia intermedia. Por su parte, el secundario de este transformador está unido al ánodo del diodo detector. El cátodo entrega la señal modulada que, por medio de este proceso, queda separada de la portadora.

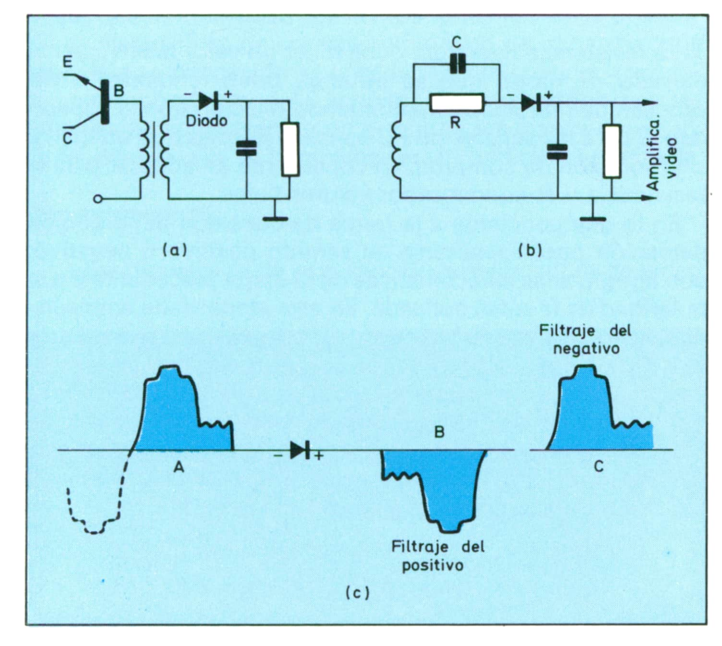


Figura 24. a) Disposición del conexionado de la base de un transistor asociado al primario del último transformador de FI;
b) Célula integrada RC, intercalada entre el secundario del último transformador de FI y el detector;
c) Señal de video a su llegada a la etapa detectora, correspondiente a un semiciclo A, indicándose en B el resultado del filtraje del positivo y en C del negativo.

Los diodos adecuados para circuitos de video deben caracterizarse por carecer prácticamente de resistencia interna, dado que atentaría contra su conductividad y, de igual manera, la capacidad entre sus dos electrodos debe ser muy reducida, condiciones que se cumplimentan totalmente en los semiconductores de germanio.

La figura 24*b* ilustra la disposición básica de un circuito detector de video previsto para lograr el máximo aprovecha-

miento de la ganancia suministrada por la etapa amplificadora de FI, ya que trata las señales disponibles en forma tal que evita distorsiones. La capacidad del condensador *C* debe ser diez veces mayor que la del diodo y la impedancia extremadamente reducida a fin de actuar en la eliminación de distorsiones transferidas por la etapa amplificadora precedente. En la figura 24*c* se representa la señal de video a su salida de esta etapa detectora, pudiendo realizarse una detección por positivo o bien por negativo.

Resistencia de detección

La resistencia detectora debe tener un valor relativamente elevado de modo que se obtenga buen rendimiento del proceso demodulador, manteniendo relación con la capacidad *C* para las señales de FI, consideraciones que obligan a una solución de compromiso consistente en adoptar para la resistencia y el condensador valores bajos.

En lo que concierne a la forma de conexión del diodo, la detección puede realizarse en sentido positivo o negativo, con arreglo a las características de la etapa precedente y a la polaridad de la señal aplicada. En esta etapa viene empleándose, desde antes de aparecer los transistores, el diodo de cristal de germanio, debido no sólo a su menor tamaño que contribuye a la ambicionada reducción de las dimensiones de los televisores, sino también por su más reducida capacidad interna, menor resistencia dinámica y disminución del consumo de energía. Asimismo, su mejor linealidad a niveles bajos contribuye a mejorar la imagen.

AMPLIFICACION DE VIDEOFRECUENCIA

Consecutivamente a la etapa detectora tenemos la parte de amplificación de video, que no aumenta excesivamente el nivel de la señal que debe ser visualizada, pero la mantiene a nivel más elevado hasta el tubo catódico, conserva la componente continua, corrige sus características para disponer de una correcta banda pasante y proporciona las señales adecuadas a los restantes circuitos del televisor.

La modulación conseguida puede ser aplicada de distintas maneras al kinescopio o cinescopio (denominaciones dadas indistintamente al tubo de rayos catódicos que recompone la

imagen que ha sido descompuesta por la actuación del iconoscopio en el proceso de transmisión) siendo muy corriente que se entregue al cátodo del mismo debido a su menor capacidad emisiva.

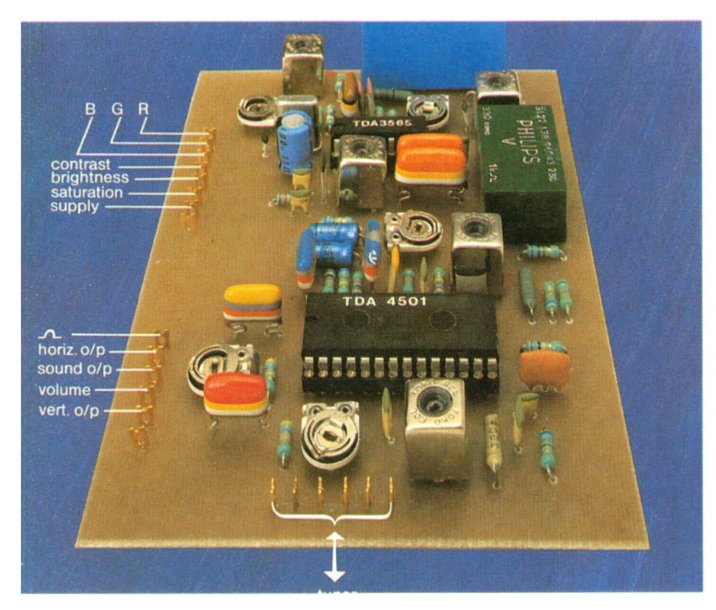
La amplificación de video debe cumplir diversas condiciones que detallaremos abreviadamente. Su ganancia en tensión debe ser relativamente elevada y la banda pasante debe permitir la máxima amplitud.

El tiempo de transmisión de fase debe mantenerse constante con el objetivo de que no se originen distorsiones. Debe suministrar un nivel relativamente constante, cualquiera que sea la intensidad del campo generado en la antena.

Los dispositivos de control automático de ganancia, que ajustan la amplificación en la cadena de frecuencia intermedia correspondiente a la imagen, serán atacados por las señales que se recojan en un punto de las etapas de video, de tal manera que se cumplimente la condición enunciada.

Banda pasante

La banda pasante de esta sección amplificadora de video



Plata de croma o procesadora del color en un receptor de TV. Emplea los circuitos integrados TDA 4501 y TDA3565, indicándose las diferentes conexiones de los terminales. Los modernos receptores tienden a simplificar notablemente los chasis, reduciendo en gran medida el número de componentes. (Cortesía: Philips).

se halla limitada por las capacidades parásitas que se introducen en paralelo con la carga de manera que puedan motivar una reducción en la ganancia.

Por otra parte, dicha banda pasante tiene una limitación en las frecuencias elevadas a causa de la capacidad parásita de salida de la etapa de video asociada a la de entrada del kinescopio. Para extender al grado máximo esta banda pasante, resulta necesario elegir un elemento activo adecuado, con una resistencia de carga de valor relativamente bajo.

En tanto que las limitaciones que conciernen a las frecuencias elevadas se deben a los factores parásitos, las frecuencias bajas tienen su origen en los de enlace y desacoplo, caracterizándose los primeros por motivar variaciones de fase cuando disminuye la frecuencia.

Tomaremos como ejemplo el caso en que la frecuencia de corte de un circuito amplificador se localice en 50 Hz con un desfase de 1/8 de período, de tal manera que esta frecuencia se hallará fuera de ajuste en 1/400 s con relación a las frecuencias medias. Este brevísimo retardo puede llegar a revestir cierta importancia, dado que influye sobre la calidad de la imagen.

Características de la etapa amplificadora de video

Esta etapa de amplificación puede ser comparada con un

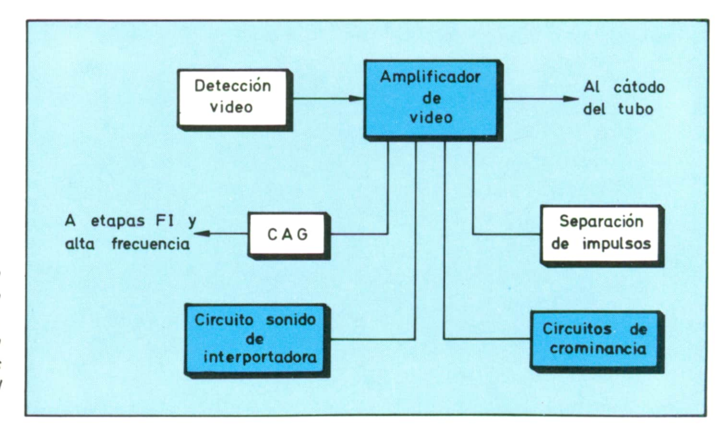


Figura 26. La etapa amplificadora de baja frecuencia de video, mantiene una relación clave con todos los circuitos de video del receptor de televisión.

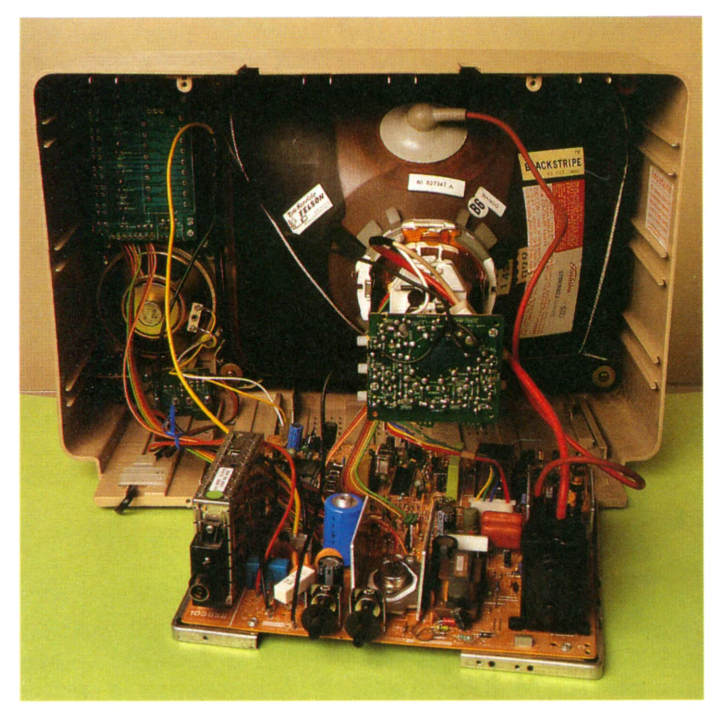
centro distribuido (figura 26), a partir del cual se dispone de la señal de imagen para su transmisión a:

1) La etapa de separación de los impulsos de sincronismo que la entrega a las bases de tiempo.

2) Los diversos circuitos que se hallan en relación con las tensiones del control automático de sensibilidad.

3) Las etapas que conciernen al sonido, en el caso de que el sistema adoptado sea el de interportadora.

4) A los circuitos de crominancia, al tratarse de televisores en color.



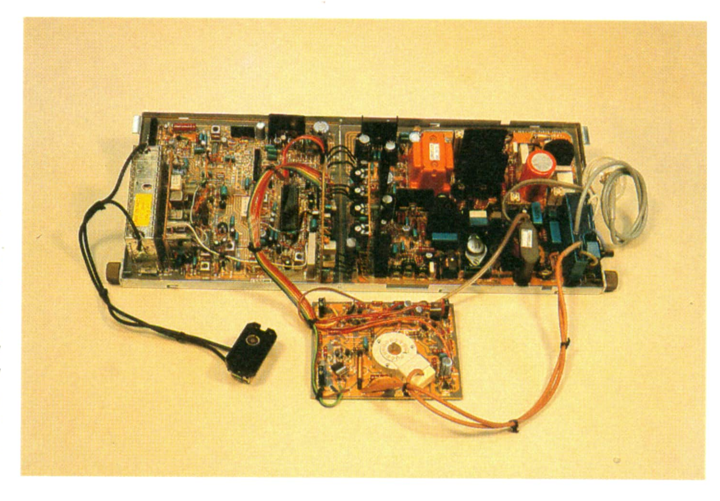
Chasis completo de un moderno televisor en color Elbe-Sharp de 14 pulgadas. Obsérvese que la interconexión entre los distintos módulos se efectúa mediante regletas de conexión y conductores. (Fotografía tomada en el Servicio Técnico Felson-Hospitalet de Llobregat).

Es necesario tener la precaución de limitar al mínimo la influencia que pueden ejercer entre sí estas derivaciones con la finalidad de que no perturben el buen funcionamiento de la etapa amplificadora final, lo que puede conseguirse sin excesivas dificultades.

Actuación del diodo detector en amplificación de video

Los diodos tienen muy variadas aplicaciones en la técnica electrónica, cada una de las cuales debe ser cumplimentada de manera conveniente eligiendo el semiconductor apropiado. En televisión es muy necesario tener en cuenta todas sus características para que corresponda con la forma de actuar de la etapa amplificadora de video.

Cuando la detección se realice en polaridad positiva a partir de una modulación en tal sentido, las excitaciones captadas motivarán que se origine un aumento de tensión cada vez que exista un espacio blanco en la pantalla. Si la etapa amplificadora de video emplea un solo transistor, en emisor común se producirá una inversión de fase, de tal manera que a la salida de la etapa el blanco corresponderá a una tensión extremadamente reducida.



Los televisores también se pueden montar por el aficionado en su propio domicilio, aprovechando que existen fabricantes que los construyen de forma modular y en kit; después sólo resta el ensamblado y ajuste final de cada etapa, que generalmente vienen preajustadas de fábrica. (Cortesía: Kobaltronic).

En el caso de que la salida de la etapa amplificadora esté conectada al cátodo del tubo de imagen la actuación será relativamente correcta, pero si la conexión está realizada a la rejilla reguladora de intensidad o cilindro de Wehnelt la imagen quedará invertida.

Cabe la adopción del empleo de circuitos compensadores,

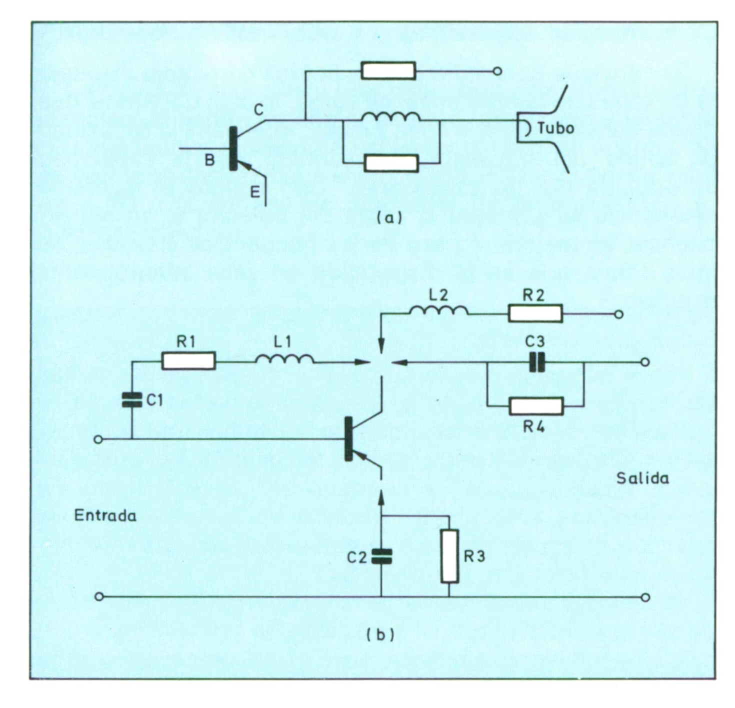


Figura 29. a) Circuito compensador dispuesto en serie entre el emisor de un transistor de la etapa de salida y el filamento del tubo de imagen; b) Diversas posibilidades de disposición de compensación en paralelo, adecuados para resolver los efectos de resonancia.

añadiendo un filtro de banda para evitar el indicado descenso de tensión al reducir la capacidad de salida de la amplificación de video.

Circuitos compensadores

Disposición en serie

El filtro de banda integrante de un circuito de compensación puede disponerse en serie, en paralelo o mixto. El sistema de compensación en serie consiste en disponer una bobina correctora en serie con la línea de video, de modo que permita el paso de las frecuencias bajas hallándose en sintonía con los valores efectivos.

De tal manera se compensan las capacidades paralelas que existan y se aumenta la impedancia de carga, de lo cual se deriva una mejora en la ganancia de las frecuencias elevadas. Esta disposición se ilustra en la figura 29*a*.

Compensación en paralelo

Se consigue por medio de una bobina correctora dispuesta en serie con la resistencia de carga, lo cual determina que quede derivada entre la línea y masa. Interviene la capacidad de salida del transistor, acrecentada por la *capacidad* introducida por las conexiones. Con arreglo al factor de resonancia se aumenta la carga del colector y, en consecuencia, se mejora el paso de las frecuencias elevadas, de igual forma que en la disposición en serie anteriormente expuesta.

Compensación mixta

Puede realizarse por medio de la asociación de uno o más dispositivos, con arreglo al esquema representado en la figura 29*b*, dada la posibilidad de conseguir una compensación para los efectos de resonancia, bien sea por medio de una inductancia o de un condensador, en esta figura de características enteramente clásicas se han agrupado la totalidad de posibilidades existentes para ello, aun cuando no se empleen todas a un tiempo.

Al disponer el bobinado L_2 y la resistencia R_2 en serie con el colector del transistor, se realiza una compensación en paralelo. Habiéndose previsto para L_2 una impedancia algo elevada, se consigue una ganancia en las frecuencias elevadas.

Si en vez de esta disposición se prefiere intercalar el dispositivo en *shunt* $C_3 - R_4$, se consigue una realimentación negativa que limita la corriente del haz del tubo de imagen, evitando los riesgos inherentes a una posible sobrecarga, sin que por ello se disminuya la ganancia en las frecuencias elevadas.

La intercalación de la célula formada por los elementos C_1 R_1 L_1, unidos en cascada actúa así: L_1 sobre las frecuencias elevadas, por medio de R_1 se disminuye el porcentaje de realimentación negativa y por el condensador de acoplo C_1 se obtiene un aumento de ganancia de la etapa, de manera especial en las frecuencias altas.

Para finalizar, la célula C_2R_3 se adopta cuando interesa disminuir la realimentación del emisor debido a la acción del condensador C_2, lo que redunda en un aumento de la salida en la etapa. Su capacidad debe ser bastante reducida, a fin de no desacoplar en exceso las frecuencias bajas. En realidad se trata de un freno para la componente continua.

Amplificación de video a transistores

La figura 30 reproduce una etapa típica de amplificación de video, teniendo en primer término un circuito adaptador de impedancias montado en colector común, tal adaptación es necesaria debido a que el diodo se caracteriza por su valor de 2 kΩ y la entrada del transistor de potencia (Tr_2) es bastante más baja.

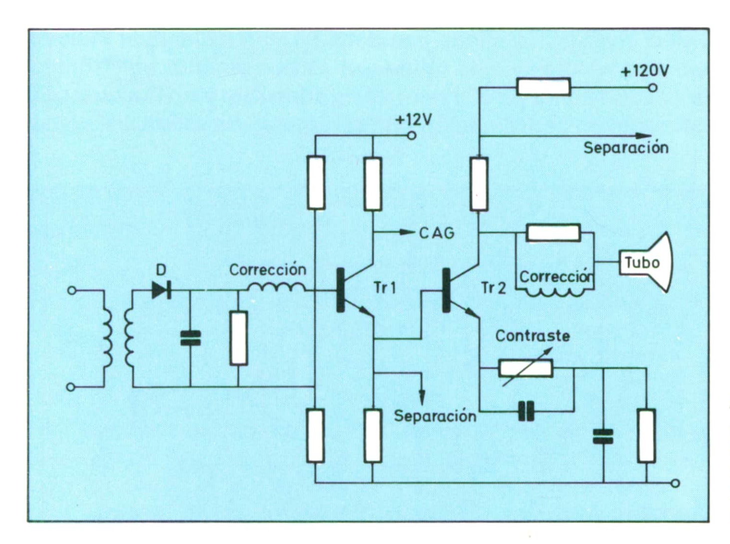


Figura 30. Circuito básico correspondiente a una etapa de amplificación de la salida de video. La forman dos transistores con acoplamiento directo.

Los transistores utilizados en esta etapa deben ser cuidadosamente seleccionados, puesto que inicialmente deben actuar en un régimen de trabajo que puede alcanzar hasta más de 90 V.

Se hace necesario tener en cuenta los siguientes detalles, en relación con sus características de trabajo:

1) Tensión máxima que es posible aplicar entre emisor y colector, teniendo en cuenta el régimen de actuación del tubo de rayos catódicos que tiene que accionar.

2) Disipación, que puede llegar a ser de varios vatios.

3) Frecuencia de corte propia del transistor, correspondiendo a la frecuencia a la cual se mantenga invariable la banda.

Etapa amplificadora de video a circuito integrado

Los circuitos integrados, que se designan abreviadamente como *CI*, se caracterizan por contener un elevado número de elementos activos (transistores) en coordinación con componentes pasivos (resistencias y condensadores), siempre en dimensiones extremadamente reducidas y dispuestos en una plaquita de material aislante que se instala en el interior de una cápsula metálica o de plástico.

En la figura 31 se ilustra un circuito de amplificación de video en el que se hace uso del CI TBA970, el cual incluye un preamplificador de video, un potenciómetro electrónico lineal que actúa para el control de contraste y un limitador de corriente en coordinación con el régimen de salida, así como

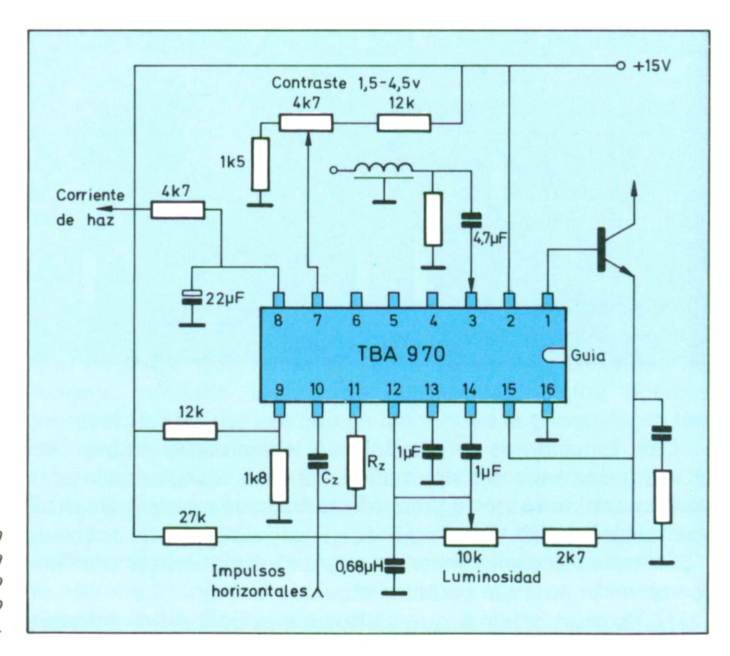


Figura 31. Amplificación de videofrecuencia empleando como elemento activo el circuito integrado TBA 970.

un regulador de nivel del negro, por medio del circuito de ajuste combinado con el control de luminosidad.

Los circuitos integrados se caracterizan por su seguridad de funcionamiento, prolongada duración, extrema reduc-

ción de sus dimensiones, así como por su pequeño consumo de corriente y por el hecho de permitir una notable disminución del espacio requerido para disponer toda una etapa.

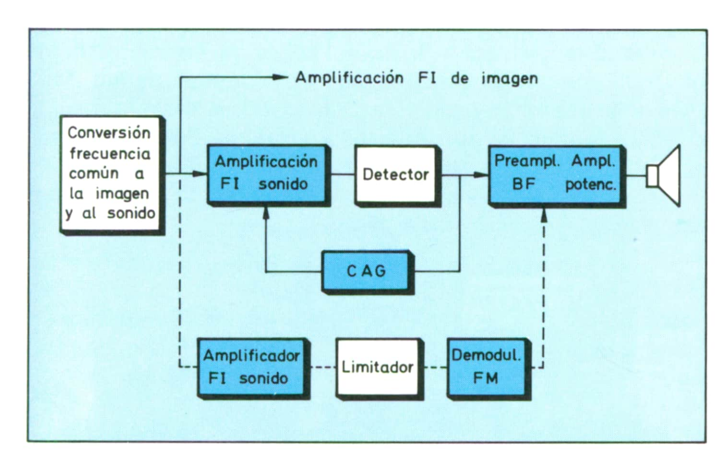


Figura 32. Demodulación del sonido por el sistema de amplitud modulada (línea continua), o por frecuencia modulada (línea de trazos), todo ello sobre un diagrama de bloques.

Canal de sonido

El esquema sinóptico de un receptor de sonido para televisión no se aparta en sus principios del de un receptor de radiodifusión, existiendo tan sólo tres diferencias fundamentales: Conversión de frecuencia común a imagen y sonido. Banda pasante relativamente amplia para la amplificación de frecuencia intermedia. Valor elevado de la frecuencia intermedia de sonido.

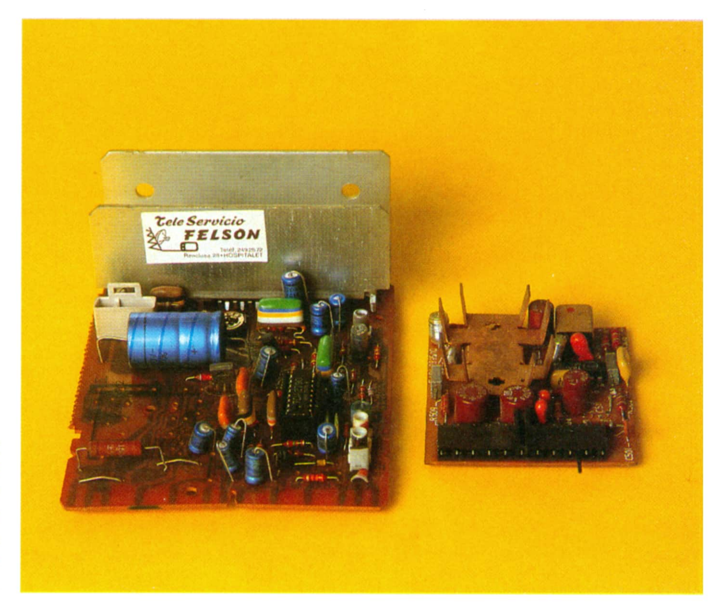
Características de la amplificación FI de sonido

El esquema sinóptico de la figura 32 corresponde a un receptor en el que se realiza el proceso de transformación de los impulsos eléctricos en sonido de la manera clásica. Si el sonido se ha modulado en amplitud (cosa cada vez menos frecuente) su vía es la señalada con línea continua. Si se ha modulado en frecuencia, la cadena es la representada en línea de trazos.

La amplificación de FI abarca una banda relativamente amplia en la modulación de amplitud, a fin de evitar los

desvanecimientos del sonido. De tal manera se obtiene una mejor reproducción musical.

En el caso de que el sonido haya sido modulado en frecuencia, la banda pasante debe compensar cualquier alteración del oscilador local y permitir una adecuada amplificación de las frecuencias más elevadas.



Dos modelos diferentes de etapas de audio para televisores en color. El de la izquierda, corresponde a un modelo Philips K-12, y el de la derecha a un Elbe-Körting.

No obstante, la banda pasante no debe exceder de cierto valor determinado por la separación entre las portadoras de audio y video y la banda de la imagen, a fin de evitar la amplificación de una parte de las señales de visión.

Demodulación

La detección o demodulación en amplitud no mantiene diferencia alguna con el método descrito para la etapa de imagen, resultando todavía más simplificada, con mayor motivo al ser inaplicable en la modulación de frecuencia a causa de su sensibilidad a las variaciones de amplitud, pero no a las de frecuencia, dada la necesidad de transformar las

alteraciones de frecuencia en alteraciones de amplitud para su ulterior demodulación.

Los demoduladores de FM son muy numerosos. Aquí es preciso limitar el estudio a los dos más utilizados, de los cuales derivan los restantes. Se trata del discriminador de *Foster Seeley* y del *detector de relación*, siendo necesario mencionar que, en todos los casos, a los discriminadores de FM deben anteponerse los limitadores de amplitud, los cuales cumplimentan la misión de proporcionarles una señal constante de amplitud, necesidad que se determina por el hecho de que los discriminadores son sensibles tanto a las variaciones de frecuencia como a las de amplitud.

Discriminador de Foster Seeley

La figura 34 ilustra este esquema. Los circuitos de acoplo se hallan sintonizados a la frecuencia correspondiente a la portadora FI no modulada. El primario se halla conectado al punto medio del secundario a través de un enlace capacitivo, teniendo el condensador C_2 el cometido de aislar la alta tensión de la toma de masa.

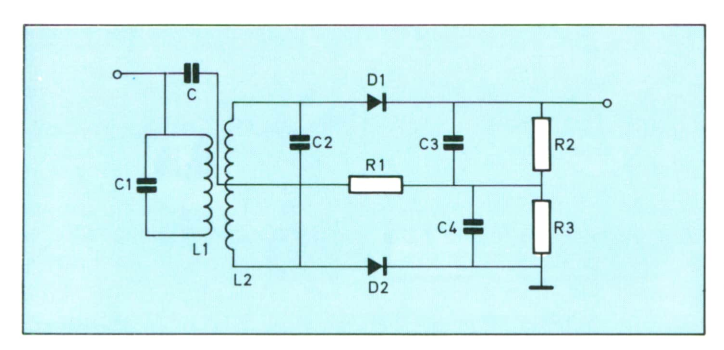


Figura 34. Discriminador tipo Foster-Seeley, realizado mediante acoplamiento capacitivo entre los devanados del transformador.

Se apreciará que la tensión de salida se toma entre masa y las resistencias R_2 y R_3 que constituyen, juntamente con los condensadores C_3 y C_4 en paralelo con ellas, el circuito de filtro. La resistencia R_1 determina la tensión existente entre el punto medio y masa, en algunas realizaciones se reemplaza por una inductancia.

Para satisfacer las necesarias condiciones de linealidad es

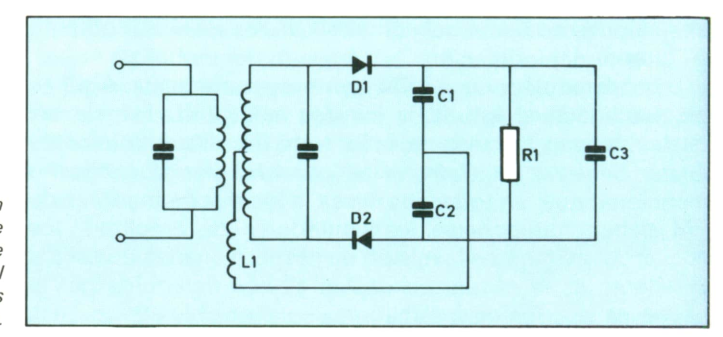


Figura 35. Detección realizada por el sistema de discriminación de relación, empleando el conexionado de los diodos en contrafase.

necesario que la banda pasante de los circuitos acoplados sea mucho más amplia que el doble de la máxima de desviación, lo que determina la necesidad de elegir circuitos con reducido coeficiente de sobretensión.

Detector de relación

Su esquema fundamental se ha representado en la figura 35 siendo apreciable que mantiene cierta analogía con el

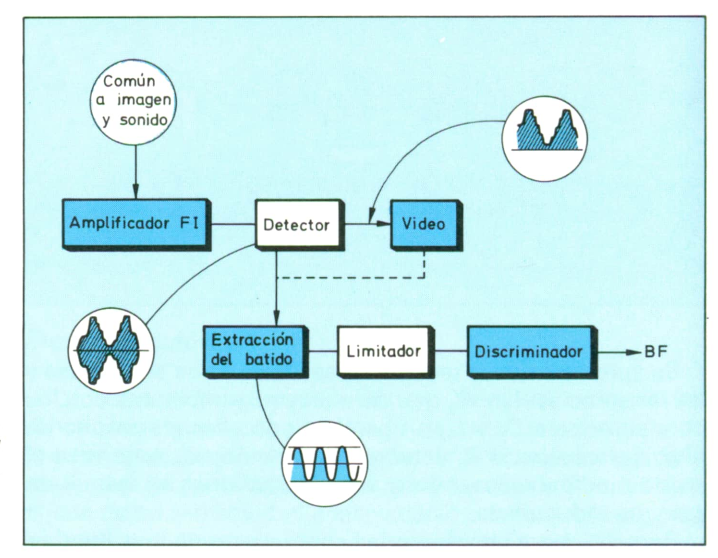


Figura 36. Demodulación del sonido a la salida del proceso detector en la modalidad de canal único para audio y video, método de interportadora.

anterior, lo cual es lógico, dado que la totalidad de demoduladores tienen como primera función transformar la variación de frecuencia en un cambio de fase y luego transformarla en una variación de amplitud.



El receptor de televisión en color se encuentra presente en la mayor parte de los hogares; además permite combinarlo con un equipo de video para visionar películas, videojuegos, y un computador personal, por citar sólo algunos de los aspectos más importantes de empleo.

La bobina L_1 está acoplada al primario en forma que relaciona la tensión entrada con el punto medio del secundario y con los condensadores C_1 y C_2, cumplimentando idéntica función que la resistencia R_1 del circuito anteriormente estudiado. Aparte de este detalle, lo que diferencia un detector de relación de un discriminador Foster-Seeley es el sentido de conexión de los diodos.

Desacentuación

En la emisión se ha efectuado una *preacentuación o preénfasis* de las frecuencias elevadas, con objeto de protegerlas contra el ruido y las interferencias. Por ello, en la recepción es necesario efectuar una operación inversa, es

decir: *desacentuar* o conseguir el *deénfasis* de las señales, a fin de que la amplitud de las señales se mantenga constante.

Un demodulador-discriminador se complementa con un circuito cuya constante de tiempo es análoga a la de la preacentuación introducida. Para conseguirlo se emplean células de resistencia-capacidad que actúan en calidad de filtros de banda.

Sistema de interportadora

El sistema clásico de recepción, entendiendo como tal el que requiere que la frecuencia intermedia de sonido se tome antes de la amplificación de FI de video, adolece de dos defectos: Si el oscilador local varía en frecuencia, la FI de audio puede quedar fuera de la banda que le concierne. Por otra parte, las ligeras variaciones de frecuencia de este oscilador pueden motivar una modulación perturbadora.

Aun cuando estos dos inconvenientes son más teóricos que reales, para evitarlos se ha adoptado el sistema de interportadora que, por otra parte, conduce a montajes más simples y más económicos.

El esquema teórico de la recepción por el procedimiento de interportadora se ha reproducido en la figura 36. La amplificación de frecuencia intermedia es común a las dos vías (sonido e imagen) y la extracción del sonido se realiza a la salida del circuito detector. Como sea que el diodo no es un elemento lineal se origina un batido entre la FI de sonido y la de imagen para conseguir un valor equivalente a la diferencia que existe entre ambas frecuencias, diferencia que ha de mantenerse invariable.

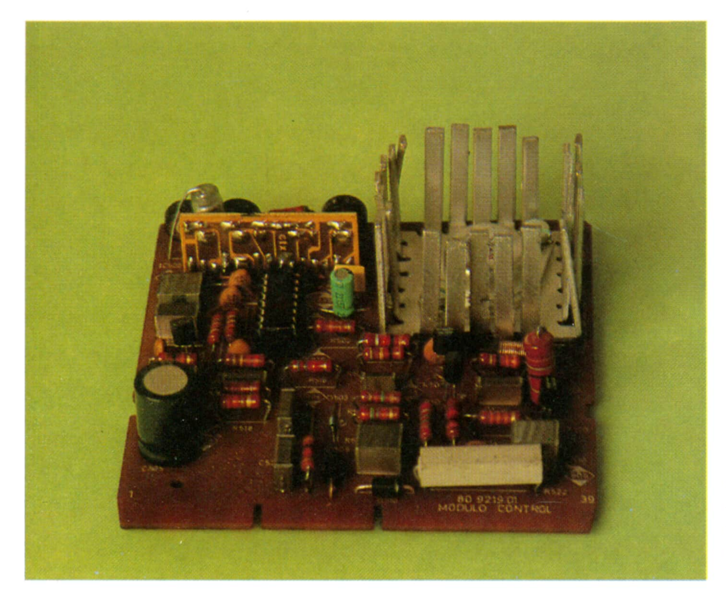
Incompatibilidades para el sistema interportadora

La modalidad de interportadora no es aplicable más que cuando la emisión de sonido se realiza por frecuencia modulada. De igual manera es indispensable que la modulación de video se efectúe en su forma negativa, es decir, de modo que los blancos correspondan a la amplitud mínima.

Estas dos premisas ponen de manifiesto la imposibilidad de adoptar el sistema de interportadora en el caso de que la emisión de sonido sea efectuada por el sistema de amplitud modulada y tampoco al modular la señal de video en forma positiva.

CIRCUITO DE ALIMENTACION

Los televisores cuyos circuitos empleen válvulas termoiónicas en calidad de elementos activos, deben ser alimentados a base de utilizar la corriente de la red, que salvo muy raras excepciones es alterna. Su régimen de trabajo en cuanto afecta al consumo, que generalmente es de unos 80 W, impide el empleo de pilas o acumuladores.



Módulo de circuito de alimentación, que incluye además la etapa de estabilización. Corresponde al televisor en color Inter Grundig/477, en el que destaca por sus dimensiones, el disipador del calor.

Para la alimentación a partir de la red caben dos dispositivos de alimentación: con transformador (sistema clásico para el tratamiento de la corriente alterna) o sin transformador, con ciertas analogías respecto al sistema denominado universal. Ambos métodos ofrecen ventajas e inconvenientes. El empleo de transformador redunda en un coste más elevado del receptor, aumento de peso y posibilidad de producción de campos magnéticos que distorsionen la imagen. El montaje sin transformador es mucho más económico, resulta aconsejable siempre que interese lograr un receptor más liviano y, hasta cierto punto, menos expuesto a cualquier avería.

Puede afirmarse que en la actualidad casi todos los televisores que se fabrican son transistorizados y con varios circuitos integrados, lo que nos inclina a dedicar mayor atención a describir los sistemas empleados para alimentar las etapas de un televisor enteramente transistorizado, determinando en primer término que su consumo es mucho más reducido, ya que casi nunca rebasa los 30 W, lo que permite el empleo de pilas o acumuladores con una autonomía de varias horas sin perjuicio de conectarse a la red de corriente alterna. Haremos referencia a las dos posibilidades, aclarando que el circuito alimentador es el mismo para los televisores en color, salvo algunos detalles secundarios.

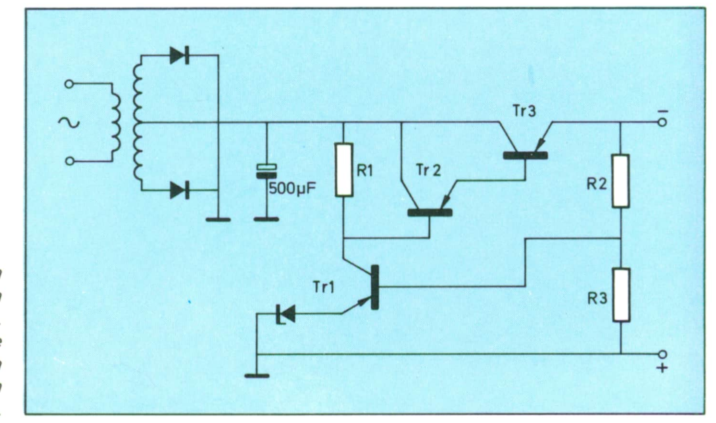


Figura 39. Rectificación de onda completa empleando dos diodos. Después de los diodos, se observa una etapa estabilizadora de tensión a base de transistores.

Alimentación a partir de la red

El esquema de una alimentación regulada se representa en la figura 39, realizándose la rectificación de corriente por medio de dos diodos en relación con el punto medio de un transformador de baja impedancia que trabaja en el sentido de reducir la tensión de la red. Cabe su reemplazo por una resistencia reductora, si bien con ello se motivaría un dispendio innecesario de la potencia disponible.

Existen innumerables circuitos de alimentación estabilizada, algunos de ellos de bastante complejidad, pero en la totalidad de casos encontramos siempre los dos elementos

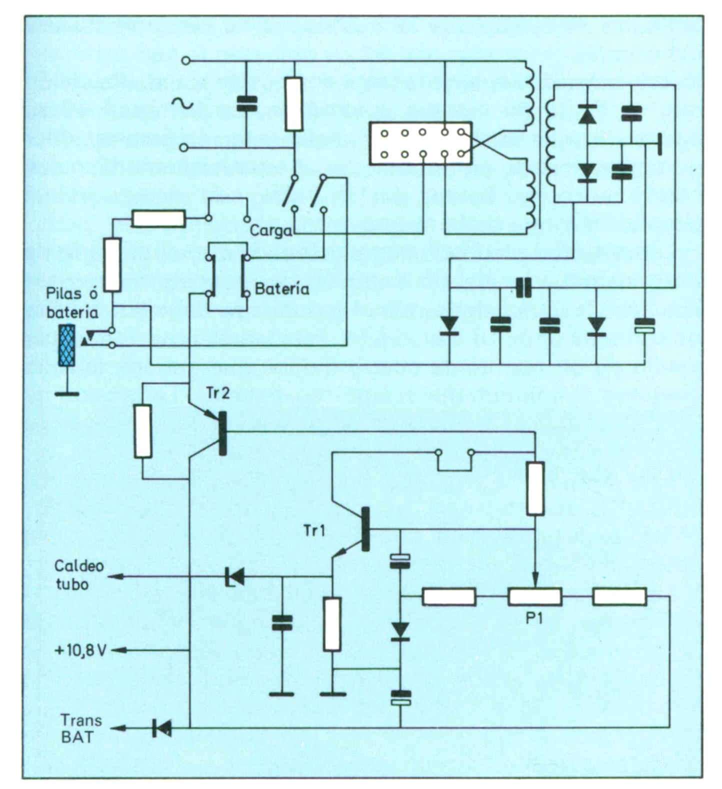


Figura 40. Circuito de alimentación, adecuado para un televisor portátil que puede conectarse indistintamente a la red, al acumulador de coche o de barca, a una célula de alimentación solar, etc., incluyendo el cambio para recarga, partiendo de la toma de red.

fundamentales: el transistor comparador de tensión, en el cual uno de los electrodos (emisor o, eventualmente, la base) se halla supeditado a una tensión de referencia (diodo Zener o, con menos frecuencia, tensión de carga de un condensador de elevada capacidad) y el transistor montado en serie con la línea de alimentación.

Alimentación pilas-batería-red

Se trata en la totalidad de casos de televisores portátiles que pueden incluir una batería o establecer conexión con el acumulador del automóvil o de una embarcación. En el caso de que deba hacerse uso de batería incorporada, es patente la necesidad de que no sea de excesivo tamaño ni peso,

teniendo en cuenta que su autonomía no suele rebasar las ocho horas.

Esta batería interna se recarga a través de la red, operación que se limita de manera automática. En la figura 40 se ilustra el esquema típico de una alimentación para receptor portátil adecuado para funcionar alternativamente bien sea con la red o con batería de 12 V, llevando incorporado el circuito de carga de la misma.

La tensión de red se halla relacionada con el primario de un transformador de alimentación de reducido número de láminas y espiras, dado que el secundario debe suministrar únicamente unos 15 V efectivos. Esta tensión se rectifica por medio de un puente de cuatro diodos que entrega tensión continua al conmutador «carga-red-batería». La tensión de 16 V alimenta directamente la etapa de potencia, la carga de la batería de 12 V y la etapa estabilizadora.

Esta tensión es regulada por el diodo zener y la señal indicativa de diferencia se amplifica por el transistor Tr_1 controlando a Tr_2. La tensión se regula por medio del potenciómetro P_1 unido a la base de Tr_2.

La batería de 12 V cuenta con un cable de dos conductores que permite su disposición a la toma designada BAT, de tal manera que su contacto negativo está derivado a masa y el positivo va a los contactos en donde se efectúa la conmutación. El conmutador se mantiene en la posición que corresponde a red-batería. Para recargar la batería debe bascularse en inversor.

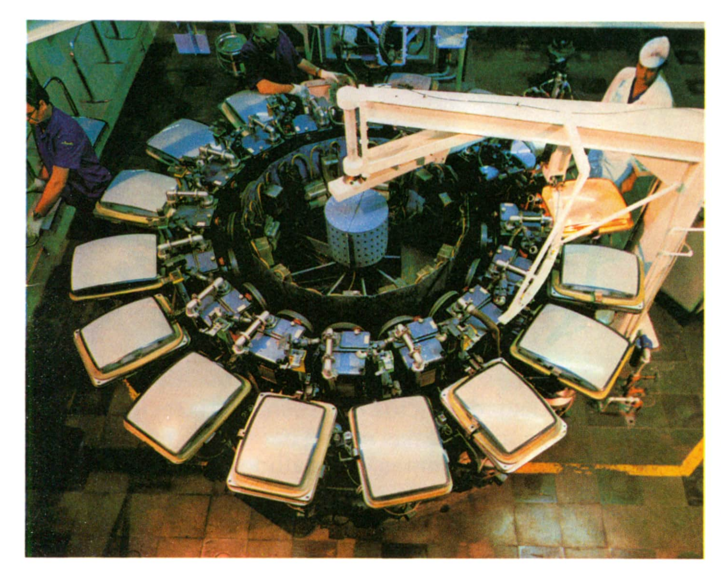
EL TUBO DE IMAGEN

De igual manera que el tubo de cámara o iconoscopio actúa en el sentido de convertir la energía luminosa en energía eléctrica, el tubo de imagen (kinescopio) puede considerarse como una réplica del anterior, actuando en el sentido de convertir la energía eléctrica, recibida por la antena y modificada por los circuitos anteriormente descritos, en energía luminosa equivalente a la captada en la escena que se analiza en el proceso de emisión. El tubo de imagen consiste en una ampolla de vidrio, cuyo cuello contiene el cañón electrónico y cuyo extremo, mucho más amplio, constituye la pantalla sobre la que se forma la imagen. Para que no exista dificultad en la trayectoria del haz

electrónico que surge del cátodo, se requiere un vacío más riguroso que el obtenido en las válvulas termoiónicas.

Detallaremos que el tubo de imagen puede considerarse dividido en tres partes distintas:

La *pantalla* es una superficie casi plana constituida por una lámina bastante gruesa de forma rectangular, cuyo formato es de tres partes de altura por cuatro de ancho. El vidrio está teñido de color gris o negro con el objeto de mejorar el contraste de la imagen cuando es observada con una luz ambiental de intensidad normal, su coeficiente de transmisión se halla comprendido entre el 44 y el 54 % para los tubos monocromáticos.



La fabricación de tubos de televisión en color debe hacerse cuidadosamente, siguiendo un proceso seriado, y con frecuentes controles de calidad a lo largo de las diferentes fases de producción. Con frecuencia, del tubo depende la calidad de la imagen, así como la obtención de colores fuertes o naturales.

El *cono* debe tener una elevada resistencia a la presión atmosférica y a cualquier variación de temperatura. Su ángulo de apertura es de 110º en lo que afecta a la diagonal de la pantalla, equivalente casi a 100º en sentido horizontal y a más de 80 en el vertical. Está soldado a la pantalla por una parte y al cuello por su parte opuesta.

Al utilizar vidrio gris para la placa de la pantalla la luz reflejada se absorbe mucho más que al salir directamente y, a

fin de contar con suficiente claridad y nitidez compensando la pérdida motivada por esta coloración en la parte frontal, en los tubos actuales se aumenta la tensión anódica que llega hasta 20.000 V.

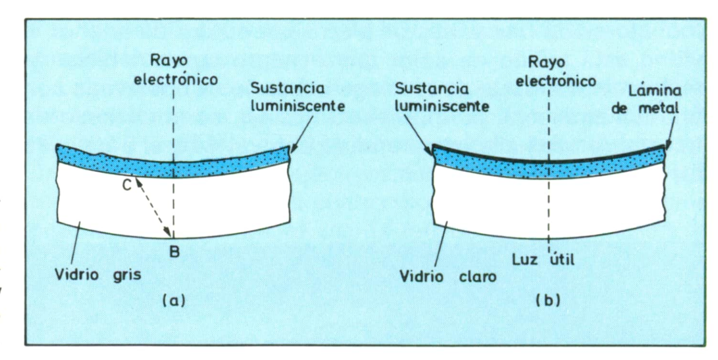


Figura 42. a) Sección de la pantalla de un televisor desprovista de la capa de aluminio, dando lugar a efectos de reflejos; b) Aprovechamiento total de la luz, mejorando la observación de la imagen.

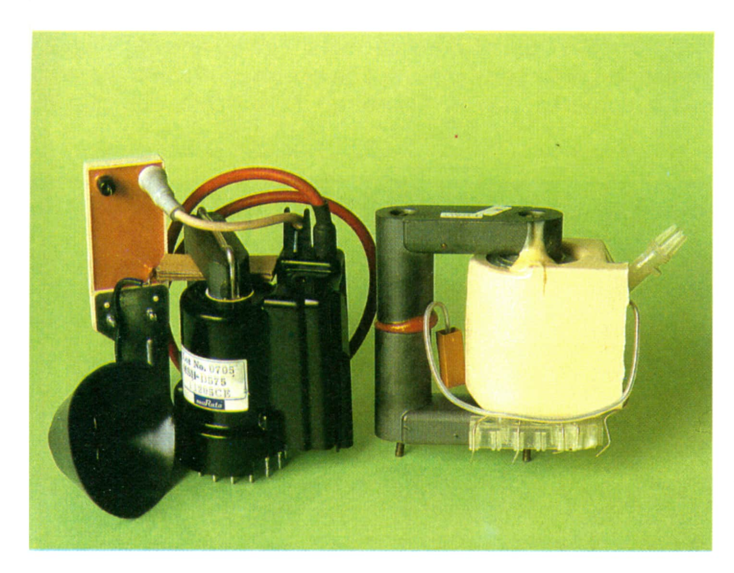
En la figura 42*a* se reproduce el corte de una pantalla sin capa aluminizante, que interviene en el aumento de la luminosidad casi en un 50 % al devolver hacia el exterior los rayos de luz emanados de la pantalla fluorescente, los cuales se perderían en el interior de la ampolla, reflejándose en B y C y originando un efecto borroso del contraste en la imagen. La figura 42*b* evidencia que la capa de aluminio, a pesar de su extremada delgadez, actúa en el sentido de rechazar la luz hacia el observador. Además es una barrera eficaz para frenar los iones que, procedentes del cátodo, podrían llegar al observador.

El *cuello* del tubo catódico tiene la forma de un cilindro ensanchado en forma de embudo hacia el cono, contiene el cañón electrónico y a su alrededor se disponen las bobinas de desviación y los imanes de encuadre, que constituyen un conjunto conocido bajo el nombre de *yugo*. Está soldado por una parte al cono y por otra al casquillo o soporte de las conexiones. El diámetro del cuello se halla normalizado a 28,6 mm para los tubos de 46 a 61 cm de diagonal.

Reviste extrema importancia el problema de resistencia de la ampolla a la presión atmosférica, dado que un tubo de 61 cm soporta una presión aproximada de 10 Tm a razón de 1 kg/cm^2 y cualquier golpe, manipulación inadecuada y

hasta una alteración térmica puede motivar su estallido bajo la forma de *implosión*.

Para remediar este inconveniente, los tubos modernos refuerzan la soldadura entre el cono y la pantalla (punto especialmente expuesto a tal accidente) por medio de un cinturón metálico que generalmente incluye unas pestañas para el trabado.



Dos modelos de transformadores de líneas (MAT), que incorporan el circuito triplicador de tensión. El de la izquierda corresponde al televisor en color Elbe-Sharp, y el de la derecha al modelo Philips K-30.

Optica electrónica

A causa de la peculiar actuación de los diversos electrodos alojados en el cañón del tubo, que trabajan para conseguir que el haz que surge del cátodo tenga la necesaria convergencia hacia la pantalla, esta técnica se conoce bajo el nombre de óptica electrónica, debido a que la actuación de las diversas partes del sistema mantienen gran semejanza con la ejercida por un sistema óptico que concentrase un haz de rayos luminosos (figura 44). Para conseguirlo el kinescopio utiliza seis electrodos.

Electrodo de caldeo. Filamento

En la figura 45 se ha reproducido de manera esquemática

un tubo de imagen, apreciando a su izquierda el filamento constituido por una doble espiral de alambre de tungsteno que, arrollado en forma no inductiva, evita la producción de un campo magnético que pudiese influir sobre el haz de electrones. Este bobinado está instalado aisladamente en el interior del cátodo como se observa en el detalle de la figura.

Electrodo emisor. Cátodo

Consiste en un cilindro de metal (generalmente níquel) revestido en su parte interna por una capa de alúmina para evitar contacto con el filamento. El extremo del cilindro

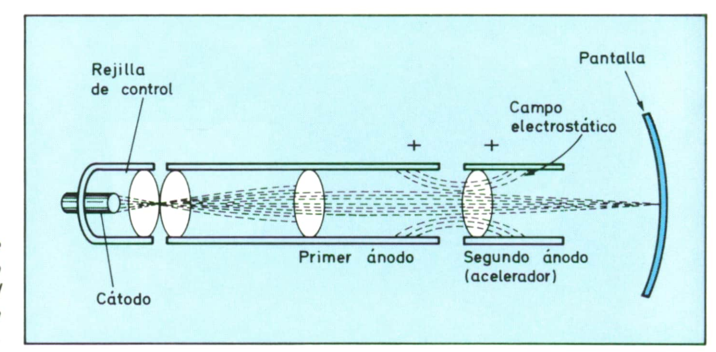


Figura 44. Trayectoria que sigue el haz electrónico desde su salida del cátodo hasta su llegada a la pantalla del tubo.

enfocado hacia la placa está recubierto exteriormente por una capa constituida por bario y estroncio, sustancias sumamente emisivas de electrones al experimentar la acción del calor.

Electrodo de control Wehnelt

Se trata de la primera rejilla o grilla (G_1) consistente en otro pequeño cilindro, en forma de dedal, que recubre por completo el cátodo separado sólo en unos milímetros, teniendo en el extremo encarado a la pantalla un pequeño orificio. La figura 46*a* ilustra la actuación de este electrodo con relación al filamento y cátodo.

Su actuación permite controlar el número de electrones que llegan a la pantalla y con ello el brillo de la imagen. Tal

regulación es absolutamente análoga a la ejercida por la rejilla de una válvula amplificadora.

Es corriente obtener la modulación de video mediante su aplicación al cátodo en sentido negativo, lo que determina la necesidad de polarizar el wehnelt en sentido aún más

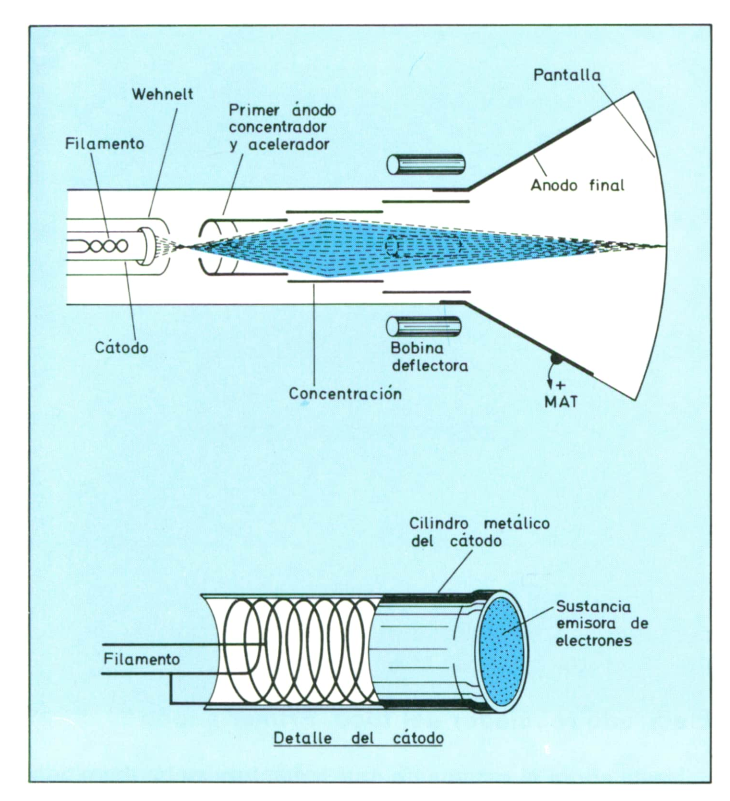


Figura 45. a) Corte de un tubo de imagen con indicación de los diversos electrodos que actúan sobre el haz electrónico; b) Disposición del filamento, electrodo de caldeo, en relación con el cátodo que emite la carga de electrones que forman el haz o pincel electrónico.

negativo; este hecho determina que se indique como positiva la polarización catódica, tomando como punto de referencia el factor aplicado a esta rejilla de control. En la figura 46*b* se ilustra la trayectoria del haz al salir del cátodo y el cambio experimentado por las líneas de fuerza generadas por la diferencia de potencial existente entre ambos electrodos. Con ello se logra que el haz llegue a alcanzar un

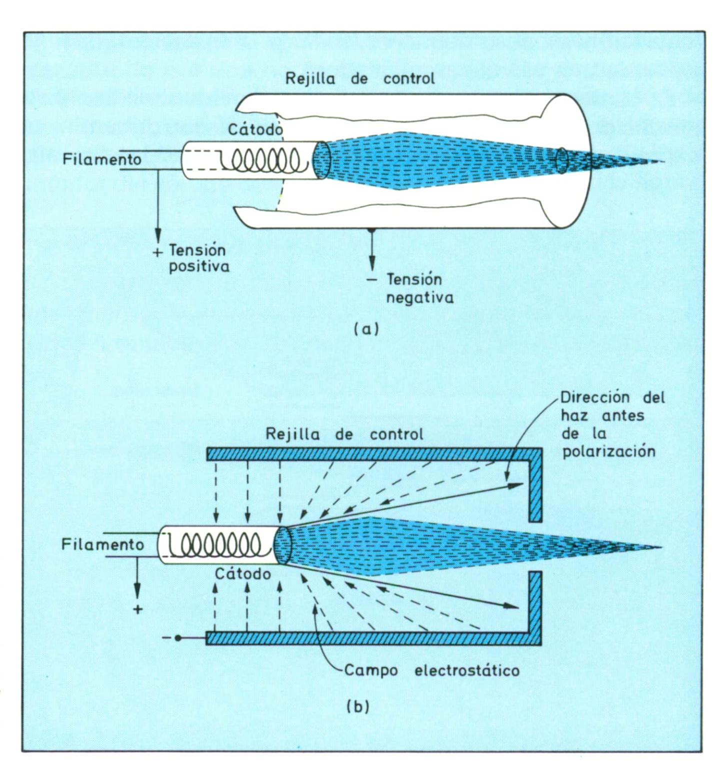


Figura 46. a) Actuación de la primera rejilla de control o Wehnelt sobre el haz de electrones; b) Efecto polarizador ejercido por la diferencia de potencial entre el electrodo emisor y la rejilla de control.

punto de concentración en la pantalla, una vez ha pasado por la perforación de la rejilla.

Electrodo regulador del foco. Primer ánodo

Hasta ahora el sistema de *óptica electrónica* ha permitido regular el brillo de la imagen y concentrar el haz electrónico, pero es patente la necesidad de lograr un perfecto enfoque, que se realiza de manera semejante a la forma de concentrar un rayo luminoso, conforme se evidencia en la figura 48*a* en la que tenemos un rayo de luz que se concentra mediante dos lentes biconvexas que lo recogen en su dispersión para encaminarlo a una lente bicóncava, la cual lo convierte en un fino pincel que incide en el punto deseado de la pantalla.

Los electrodos que equivalen en la técnica televisiva a

estos cristales se conocen con el nombre de ánodos. En la figura 48*b* se aprecia en primer lugar el ánodo que actúa a 400 V positivos, seguido por el segundo, dispuesto en el mismo eje y, a continuación, la rejilla aceleradora, con la misión de enfocar el haz al mismo tiempo que atrapa los electrones dispersos.



Vista en sección de un tubo 30 AX de la firma Philips. Se observa la trayectoria que sigue el haz de electrones desde el cátodo y a través del espacio existente entre las bobinas deflectoras.

Electrodo concentrador

Se trata de un elemento complementario para lograr un enfoque perfecto del haz. En los tubos a concentración electromagnética este dispositivo se dispone en el exterior del tubo bajo la forma de un collar que recibe el nombre de *bobina de concentración.*

Electrodo acelerador

Este ánodo recibe una elevada tensión positiva que

motiva por una parte el enfoque del haz y por otra su aceleración.

En el caso de tubos de imagen de 24 pulgadas recibe una tensión que llega a 20.000 V. Se trata de un electrodo que se prolonga hasta la proximidad de la pantalla, a base de aplicar una pintura grafitada conductora en la cara interna del tubo, que recibe el nombre de *aquadag*, aun cuando en algunos tipos de kinescopios esta sustancia coloidal se sustituye por una superficie metálica dispuesta por el sistema de aluminizado.

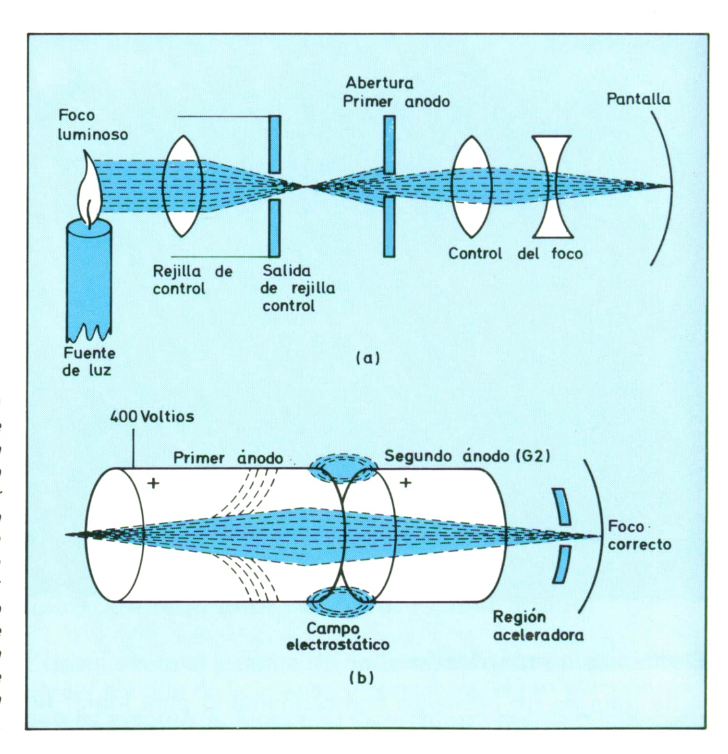


Figura 48. a) Comparación física entre la concentración de un haz luminoso encaminado hacia su objetivo por medio de lentes, y la acción electrónica ejercida en el tubo catódico; b) Enfoque del flujo electrónico por medio de los ánodos que están conectados a la fuente de alimentación pero con distinto potencial.

Tubos electrostáticos y tubos electromagnéticos

En los televisores modernos se emplean con mayor frecuencia los de deflexión electromagnética. La deflexión consiste en la desviación impuesta al haz para que coincida con el punto adecuado de la pantalla luminiscente.

La diferencia esencial que existe entre un tubo electrostático y otro electromagnético estriba en el sistema de deflexión. En el electrostático los ánodos cumplimentan la misión de dirigir el enfoque, además del cometido de atraer y acelerar los electrones merced al potencial positivo aplicado a dichos electrodos.



Conjunto deflector para un tubo de televisión, observado por la parte posterior.

En los tubos electromagnéticos los electrodos positivos trabajan simplemente para acelerar el haz electrónico y su enfoque se consigue por la actuación de la bobina dispuesta externamente.

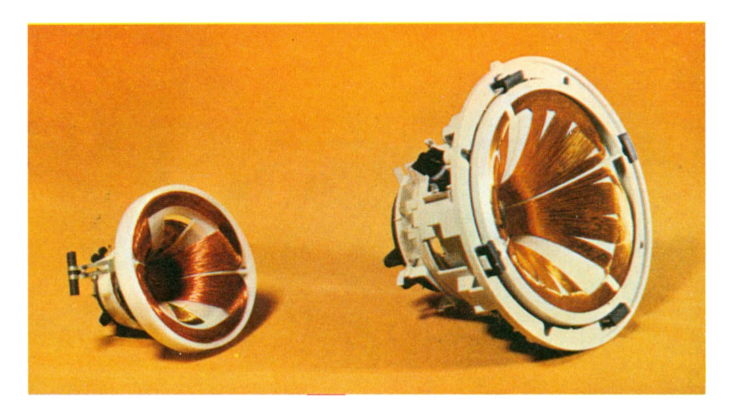
Se utilizan de forma casi exclusiva en la realización de osciloscopios y se caracterizan por el hecho de que, además de los electrodos fundamentales que hemos descrito, cuentan con cuatro placas deflectoras apareadas.

Desviación magnética

El procedimiento magnético para la desviación del haz

electrónico ofrece muy apreciables ventajas con referencia al método electrostático a base de placas, que en la práctica resulta de más difícil aplicación. Se fundamenta en el principio de que, al crear un campo magnético uniforme en la trayectoria de los electrones, es posible desviar su recorrido en relación con la intensidad de corriente que pase por unas bobinas.

La energía que debe suministrarse a estos bobinados es proporcional al diámetro del cuello del tubo, al valor de la muy alta tensión utilizada y al ángulo de desviación máxima que se tenga que alcanzar.



Aspecto que presentan dos tipos de bobinas deflectoras, la de la izquierda, más sencilla, es para receptores en blanco y negro, y la de la derecha, es para receptores en color.

Bobinas deflectoras

Esta unidad desviadora está constituida por los siguientes elementos:

Bobinas de desviación horizontal, que tienen forma de silla de montar a fin de que al disponerse en el cuello del tubo queden en la parte correspondiente a la iniciación del cono. Su mayor longitud motiva un rendimiento más elevado, una progresiva disminución del campo y actúan como si se tratase de una lente concentradora de paso variable. En el proceso de fabricación se tiene en cuenta la necesidad de que sean exactamente iguales para lograr una actuación rigurosamente simétrica.

Las *bobinas de desviación vertical* se devanan encima de una *forma* de material ferromagnético, generalmente ferrita, separable en dos partes iguales.

